



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKČNÍ NÁVRH OSOBNÍHO VÝTAHU UMÍSTĚNÉHO VE SVAHU

DESIGN OF HILLSIDE ELEVATOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

TOMÁŠ JAROŠ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ DVOŘÁČEK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Jaroš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu

v anglickém jazyce:

Design of hillside elevator

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je konstrukční návrh šikmého výtahu pro dopravu max. 4 osob s následujícími parametry: nosnost 400 kg s možností demontáže sedaček v kabině a následné přepravy materiálu, délka výtahu 40 m, sklon 25 stupňů.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Návrh konstrukčních řešení
5. Výsledné konstrukční řešení
6. Diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, návrhový výkres

Typ práce: konstrukční; Účel práce: výzkum a vývoj

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 - 20 stran textu bez obrázků).

Zásady pro vypracování práce:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2014.pdf

Šablona práce: http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. Konstruování strojních součástí. Vyd. 1. Brno : Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2010. 1300 s. ISBN 978-80-214-2629-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 19.11.2013

L.S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem šikmého výtahu k rodinnému domu ve svahu určeného k přepravě materiálu, popř. k dopravě osob. Výtah je navrhován v celkové délce 40 m, s nosností 400 kg a se sklonem 25 stupňů. Tato práce se zabývá pohonem s důrazem na bezpečnost výtahu. Výtah splňuje zabezpečení dle nařízení vlády 127 / 2004 Sb. Práce obsahuje 3D model výtahu, návrhový výkres a výkresy jednotlivých součástí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Šikmý výtah, podvozek, dráha výtahu

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis presents a structural proposal of a hillside elevator to a house on the slope used to carry goods and people. The elevator is designed in a total length of 40 meters with a capacity of 400 kilograms and slope of 25 degrees. The main focus aims at the drive of the machine and its safety. The elevator fulfills prescribed safety terms according to the 127/2004 directive. A 3D model of the elevator, a design drawing and drawings of its individual components are included.

KEY WORDS

Hillside elevator, undercarriage, track of elevator

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JAROŠ, T. *Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Dvořáček, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Konstrukční návrh osobního výtahu umístěného ve svahu vypracoval samostatně za pomoci odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Jiřímu Dvořáčkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracovávání bakalářské práce. Především děkuji rodině za poskytnutý klid a podporu při tvorbě této práce. Dále děkuji přátelům Petr Vencel, Antonín Novotný a Jiří Majvald za poskytnutí podpory a vytvoření dokonalého prostředí pro učení po celou délku studia a při přípravě této práce. Velké díky patří také mému příteli Romanu Látalovi, se kterým jsme společně tuto problematiku řešili. Děkuji za jeho ochotu, výbornou komunikaci a trpělivost při řešení zásadních otázek při vypracování této práce.

OBSAH

OBSAH	11
ÚVOD	12
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1 Historie výtahů	13
1.2 Trakční (tažné) výtahy	13
1.3 Hydraulické výtahy	14
1.4 Šikmý výtah	14
1.4.1 Hlavní části šikmého výtahu	15
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	19
2.1 Zadané parametry	19
2.2 Cíl práce	19
2.3 Předpisy pro konstrukci výtahů	19
2.3.1 Vybraná ustanovení ze sbírky zákonů č. 142 / 2008 [2]	19
3 VARIANTY KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ	20
3.1 Dráha	20
3.1.1 Profil dráhy	20
3.1.2 Dilatační spára	22
3.1.3 Uchycení lana	23
3.2 Pohon	24
3.2.1 Výběr vhodného typu navijáku	24
3.2.2 Přívod elektrické energie	25
3.2.3 Uchycení koleček	27
4 OPTIMÁLNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	29
4.1 Dráha	29
4.1.1 Výběr varianty	29
4.1.2 Profily dráhy	29
4.1.3 Dilatační spára	29
4.1.4 Uchycení dráhy	30
4.1.5 Výpočet segmentu dráhy	30
4.1.6 Uchycení lana	34
4.2 Pohon	37
4.2.1 Lanový naviják	37
4.2.2 Uchycení koleček	38
4.2.3 Výpočet uchycení bezpečnostního zařízení	39
4.2.4 Přívod elektrické energie	42
4.2.5 Snímač polohy	43
4.3 Kalkulace	43
4.4 Celkový pohled na konstrukční řešení podvozku a dráhy	44
5 DISKUSE	46
6 ZÁVĚR	47
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN	49
9 SEZNAM OBRÁZKŮ	51
10 SEZNAM TABULEK	52
11 SEZNAM PŘÍLOH	53

ÚVOD

V dnešní době si málokdo dokáže představit vícepodlažní bytový dům, administrativní budovu, obchodní centrum či nemocnici bez dostatečného počtu výtahů s odpovídajícími technickými parametry. [4] Výtah je dopravní prostředek pro dopravu osob či nákladu svislým nebo šikmým způsobem po pevné dráze. Výtah je v zásadě plošina, která je tažena, popřípadě tlačena mechanickými prostředky. Nejčastěji se jedná o lana nebo řetězy. Pohon zajišťuje elektrická energie.

V průběhu posledního desetiletí je kladen stále větší důraz na provedení interiéru kabiny výtahu a vzhled šachetních dveří nových či modernizovaných výtahů. Je posuzována výbava kabiny, ať jsou to indikátory polohy nebo směru jízdy kabiny nebo další doplňky. Důraz je také kladen na přesnost zastavení výtahu ve stanici a plynulost jízdy. V průběhu životnosti zařízení se hodnotí i úroveň provozní spolehlivosti. I přes všechny potřebné prvky výtahu je však největší důraz kladen na jeho bezpečnost. [4]

Výtah tohoto konstrukčního zadání je zatím v České republice ojedinělý, čímž vznikaly problémy, které se musely konzultovat s mnoha odborníky. Jedná se o zařízení k dopravě osob a nákladu ve svahu. Konstrukční řešení v této bakalářské práci je navrhnuté přesně pro dané zadání.

Přílohu bakalářské práce tvoří výkresová dokumentace vybraných sestav a podsestav v programu Autodesk Inventor.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1

1.1 Historie výtahů

První zdvihadla se používala již v období středověku, první zmínky se datují do 3. století před naším letopočtem. Dá se však předpokládat, že jejich rozvoj začal dříve. Mohla se používat zejména při dávných monumentálních stavbách po celém světě. Tato zdvihadla byla ovládána zvířecí silou, lidskou silou nebo vodou hnaným mechanismem. Zdvihačské zařízení, jak je známe dnes, bylo poprvé vynalezeno během 18. století a spoléhalo se na páru a parní stroj. V pozdější aplikaci byl píst vložen do podzemního válce a kapalina, nejčastěji voda, byla vstřikována do válce. Píst se zvedal tlakem vody a klesal, když byla voda vypuštěna. Armatury pro řízení vodního toku byly ovladatelné a obsluha pro ovládání toku používala lana. [5]

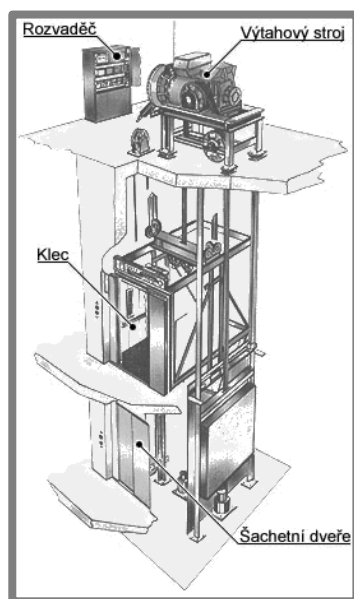
Výtah dnešního typu se objevil poprvé v 19. století ve Velké Británii, kde za pomoci kladky a protizávaží zvedal břemena podél zdi. První bezpečný výtah pro osoby byl použit v New Yorku v městské budově New York Crystal Palace. Jako vůbec první výtah byl vybaven pro případ přetržení lana bezpečnostním zařízením, které výtah zachytilo.

Výtahy se dělí podle technického provedení na trakční (tažné) výtahy, hydraulické, páternostery a šikmé výtahy.

1.2

1.2 Trakční (tažné) výtahy

Tento druh výtahů je na světě nejrozšířenější. Nachází v dnešním světě mnoho využití a to od výškových budov až po výtahy pro překonání pouze několika metrů pro zdravotně postižené. Trakční výtah (Obr. 1) je typicky zavěšen na laně přes poháněnou kladku a často je jeho váha vyvažována protizávažím, ale to není podmínkou. Tyto výtahy jsou poháněny elektrickými motory s převodovkou, nebo pokud převodovku nemají, jsou vybaveny pomaloběžnými motory. Tento výtah je pro tuto bakalářskou práci předlohou, protože normy na trakční výtahy jsou pro výtahy odkloněné o více než 15° od vodorovné roviny.[3] Tudíž se mohli použít všechny zabezpečovací prvky od výtahů, které jsou používány v největším rozsahu.



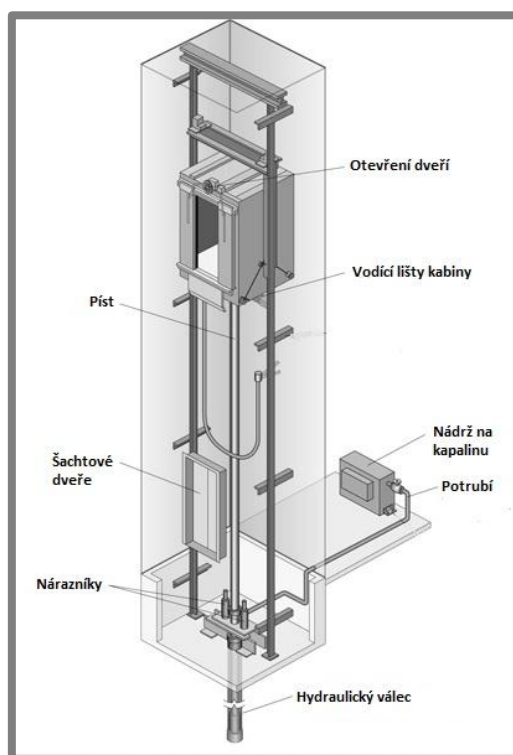
Obr. 1 Řez šachtou trakčního výtahu [6]

1.3 Hydraulické výtahy

Hydraulické výtahy jsou technická zařízení, u kterých sílu pro zvedání dodává elektricky poháněné čerpadlo, které dopravuje hydraulickou kapalinu (olej) do přímočarého hydraulického válce, jehož pohyb v jednom směru je vyvolán působením tlaku kapaliny. Hydraulický válec je přímo nebo nepřímo spojen s kabinou výtahu. [5]

Hydraulické výtahy nejsou jen alternativou nebo zastaralou technologií, ale mají samostatné místo ve zdvihací technice. Výborná a měkká charakteristika jízdy, tichý provoz, menší stavební požadavky na výtahovou šachtu jsou přednostmi provozu hydraulických výtahů. [5]

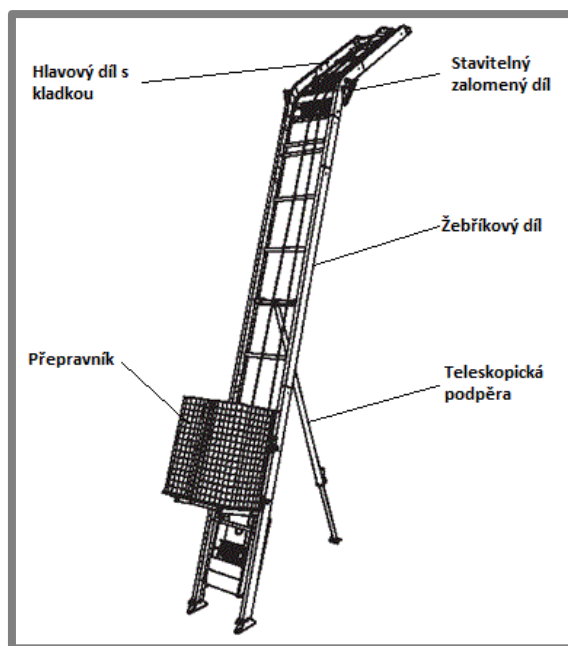
Hydraulické výtahy mohou být určeny pro montáž do klasické zděné šachty nebo do samonosné ocelové konstrukce. Pro svoje lehké a transparentní technické provedení je hydraulický výtah ideálním řešením do prosklených šachet ocelových konstrukcí. Strojovna je vždy odděleným prostorem se samostatně umístěným hydraulickým agregátem. [5] Schéma hydraulického výtahu je na Obr. 2.



Obr. 2 Hydraulický výtah [7]

1.4 Šikmý výtah

Některé výtahy jsou konstruovány se šikmou dráhou a vzhledem připomínají něco mezi klasickým výtahem a pozemní lanovkou. Šikmé výtahy (Obr. 3) jsou většinou využívány jako nákladní výtahy pro přepravu lodí přes hráz či přes jez u říčních přehrad. Nejvíce je však šikmý výtah využíván při přepravě materiálu u právě probíhajících staveb, kde se materiál potřebný ke stavbě do patra dopravuje přes šikmou dráhu s kladkou. Výtahy tohoto druhu nejsou používány tak často jako běžné výtahy, což je důsledkem složitější konstrukce, popřípadě nevhodnosti použití.



Obr. 3 Schéma šikmého výtahu [8]

Zadání bakalářské práce se nejvíce přibližuje právě šikmému výtahu, jehož hlavní části jsou níže popsány.

1.4.1 Hlavní části šikmého výtahu

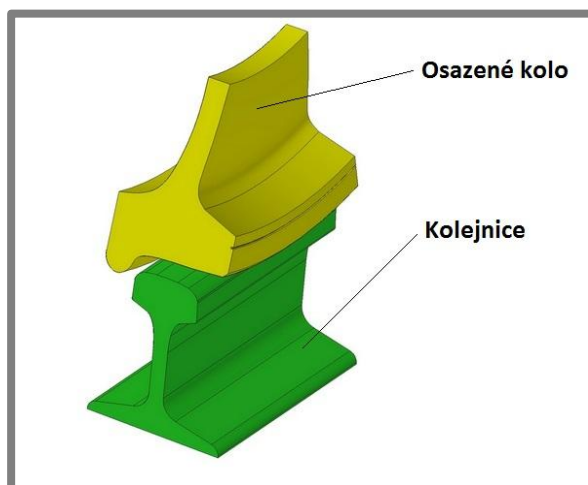
1.4.1

Hlavní části výtahu jsou kabina a pohonná část. Tato práce se zabývá pohonnou částí. Důležitou částí pohonu výtahu je dráha, která je ukotvena na betonových pilířích. Po dráze se pohybuje podvozek pomocí koleček. Podvozek se skládá z rámu svařeného z hutních polotovarů. K podvozku je mimo valivých elementů přichycen pohon a bezpečnostní prvky.

Dráha

Velmi důležitou částí celého šikmého výtahu je dráha, po které se celý výtah pohybuje. Musí být navržena tak, aby zajišťovala bezpečnou a klidnou jízdu. To znamená zajištění výtahu proti jakémukoliv pohybu nahoru nebo do stran. Dráha je většinou svařena z ocelových hutních polotovarů průřezu, který konstruktér navrhne, tak, aby byl schopen přenášet daný druh zatížení. Dráha musí být dostatečně tuhá, aby dokázala bez problémů přenášet nesymetrické zatížení způsobené nákladem výtahu. Hlavní zatížení nesou nosníky, ke kterým je dráha připevněna. Další části jsou příčky mezi hlavními nosníky, které vymezují rozchod výtahu. Dráha musí být navržena tak, aby odolávala teplotním změnám. Proto je opatřena dilatačními spárami, které tepelnou roztažnost eliminují.

Dráha může být tvořena více druhy profilů, u kterých záleží zejména na tvaru průřezu profilu. Je tvořena hutními polotovary nebo ohnutými profily. Hlavním kritériem při výběru toho, jaký profil použít, bývá způsob pohybu výtahu po dráze. Pohyb je realizován buď pohybem daných valivých elementů uvnitř dráhy, nebo vně, kdy při pohybu uvnitř profilu jsou zajištěny nežádoucí výkyvy mimo trajektorii pohybu výtahu automaticky. Při realizaci pojezdu po dráze vně profilu musí být fixace proti horizontálnímu pohybu zajištěna dalšími konstrukčními prvky. Nejčastěji se jedná o osazení kol (Obr. 4), které je používáno zejména při kolejové dopravě.



Obr. 4 Realizace pojezdu u kolejových vozidel [13]

Podvozek

Podvozek je další část, která musí splňovat pevnostní předpoklady pro převoz nákladu. Hlavní rám podvozku je obvykle svařen z hutních materiálů s dostatečnou pevností a tuhostí. Zároveň je podvozek vyroben z takových profilů, aby nebyl zbytečně předimenzovaný a tím se nezvyšovala hmotnost celého výtahu. Podvozek je vybaven úchytem pro upevnění lana pro samotný pohon celého výtahu. Hmotnost celého výtahu nesou kolečka připevněná na spodní straně podvozku. Protože se výtahy vyskytují v lidmi obydlených oblastech, mají kola kovový základ a jsou obvykle potažena plasty, zejména polyetylenem, pro nižší hlučnost při pojezdu výtahu.

Pohon

Pohon výtahů může být řešen různými způsoby. Je připevněn ke konstrukci výtahu nebo je umístěn mimo pracovní oblast výtahu. Pohon může být řešen bubnovými navijáky nebo průběžnými lanovými navijáky.

Při použití bubnového navijáku v klasickém výtahu se nepoužívá protizávaží, které tím pádem nezabírá místo a šachetní prostor se může zcela využít pro kabinu výtahu. Řízení otáček motoru probíhá měničem frekvence, který výrazně zpřesní zastavování ve stanicích, odstraněním rázů prodlouží životnost výtahového stroje a zvýší komfort jízdy. Vylepšením u bubnových výtahů jsou výtahy zavěšené na plochá lana. [10]

U průběžných lanových navijáků je lano poháněno, aniž by se někde hromadilo, což umožňuje neomezené výšky zdvihu nebo délky tahu. Oproti bubnovým lanovým navijákům vchází lano do navijáku vždy na stejném místě, tím je zamezeno nežádoucím pohybům háku, rychlost lana a tažná síla zůstávají konstantní. Průběžné lanové navijáky jsou vhodné pro zvedání a tažení břemen v nejrůznějších případech např. u vagónů, valivých konstrukcí nebo také u větrných elektráren. [9]

Při převážení osob vznikají na pohon výtahu nároky, které musí být v konstrukčním řešení výtahů zahrnuty. Pohon musí zajišťovat plynulý chod a musí obsahovat bezpečnostní prvky, které jsou doplněny ještě o další části, jež pracují nezávisle na pohonu.

Na našem trhu jsou k dispozici oba typy lanových navijáků, ať už bubnový (Obr. 5) nebo průběžný (Obr. 6).



Obr. 5 Bubnový lanový naviják [9]



Obr. 6 Průběžný lanový naviják [9]

Bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky jsou při přepravě osob výtahem nutností. Výtahy mají obvykle dvě na sobě nezávislá lana, kde jedno je nosné a druhé záchranné. Na kabině je připevněn zachycovač (Obr. 7), kterým probíhá lano a v případě překročení maximální rychlosti lano zasekne a zataví výtah.

Další bezpečnostní prvky jako váhu proti přetížení a brzdu obvykle obsahuje naviják. Všechny bezpečnostní prvky, které se na výtahu při přepravě osob umísťují, jsou přesně dány níže uvedenými normami.



Obr. 7 Záchytné zařízení YOSL [9]

Elektroinstalace

Každý výtah musí být vybaven pohonem, povolávacím zařízením a ovládacími prvky pro pohyb výtahu. Dále koncovými spínači pro přesné určení polohy zastavení ve stanici a dalšími senzory zajišťující bezpečnost posádky. Ke všem pracovním prvkům musí být dodána potřebná elektrická energie pomocí elektroinstalace, která musí být prozkoušena pro správnou a bezpečnou funkčnost všech systémů závislých na elektrické energii.

Elektroinstalace tohoto výtahu je řešena ve spolupráci s pracovníkem FEKT. V této práci je vyřešen způsob dopravy elektrické energie k průběžnému lanovému navijáku a k dalším elektronickým prvkům, které elektrickou energii vyžadují.

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2

2.1 Zadané parametry

2.1

Počet osob:	4
Nosnost:	400 kg
Délka:	40 m
Sklon:	25°

2.2 Cíl práce

2.2

Cílem práce je konstrukční návrh výtahu do svahu, který vyhovuje výše zmíněným parametrům. Konstrukce pohonu výtahu a dráhy, která je předmětem této práce, by měla být co nejjednodušší zároveň se zajištěním dostatečné bezpečnosti. Dále s ohledem na cenu by měly být použité materiály běžně dostupné na trhu.

Jelikož má výtah sloužit nejen pro přepravu materiálu, ale i pro přepravu osob, je velký důraz kladen na bezpečnost, která vyplývá z dodržení norem danými nařízením vlády ze sbírky zákonů č. 142 / 2008. Správné dodržení norem je pro používání výtahu osobami velmi důležité, musí být zkontrolované revizním technikem a zapsané jako vyhovující pro přepravu osob. Zpravidla se jedná o správné použití a funkčnost bezpečnostních prvků, které by měly výtah zastavit při jakékoliv odchylce od normálních hodnot provozu. Tyto administrativní kroky si provede vlastník výtahu, a proto nejsou součástí práce. Jako příloha bude zpracována výkresová dokumentace vybraných sestav a součástí výtahu v programu Autodesk Inventor 2011.

2.3 Předpisy pro konstrukci výtahů

2.3

Pro přepravu osob výtahem se konstrukční řešení řídí normou pro daný problém. Výtah musí projít mnoho schvalovacích kroků, ve kterých se kontroluje dodržení všech konstrukčních zásad uvedených v normě pro přepravu osob výtahem. Tato bakalářské práce se řídí nařízením vlády č. 142 / 2008.

2.3.1 Vybraná ustanovení ze sbírky zákonů č. 142 / 2008 [2]

2.3.1

(2) Pro účely tohoto nařízení se výtahem rozumí zdvihací zařízení obsluhující různé výškové úrovně s nosnou částí pohybující se mezi vodítky, která jsou pevná a odkloněná od vodorovné roviny v úhlu větším než 15°, určené k přepravě

- a) osob,
- b) osob a nákladů,
- c) pouze nákladů, pokud je nosná část přístupná tak, že na ni lze bez potíží vstoupit, a je opatřena ovládacím zařízením na nosné části nebo v dosahu osoby, která se na ni nachází.

Za výtahy podle tohoto nařízení se považují i zdvihací zařízení, jejichž nosná část se nepohybuje mezi pevnými vodítky, pokud mají určenou dráhu pohybu.

Normy vyplývající z výše uvedeného nařízení vlády:

ČSN EN 81-1+A3: Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Část 1: Elektrické výtahy

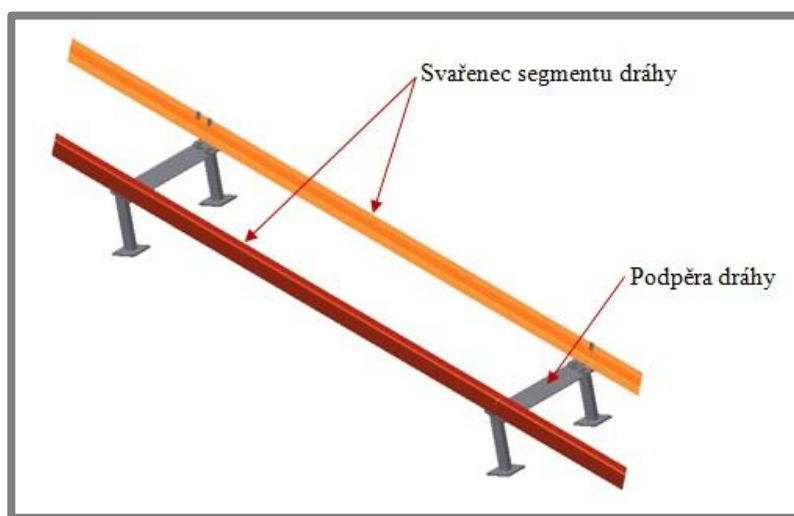
ČSN 27 4011: Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Podstatné změny výtahů

3 VARIANTY KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

Součástí této práce je návrh konstrukčních variant dráhy a pohonu šikmého výtahu. Při návrhu konstrukčních variant je kladen důraz na cenu, jednoduchost a funkčnost. Dle těchto kritérií je vybráno optimální konstrukční řešení, viz kapitola 4.

3.1 Dráha

Dráha (Obr. 8) je tvořena segmenty svařenců, které jsou připojeny k základním nosníkům s patřičnou dilatační spárou mezi segmenty a se zajištěním správné vzdálenosti od sebe.



Obr. 8 Základní pohled na dráhu výtahu

3.1.1 Profil dráhy

Profil obdélníkového hutního polotovaru

V této variantě je dráha, po které se výtah pohybuje hutním polotovarem. Stejně jako u dopravních prostředků jezdících po kolejích (vlaky, tramvaje) jezdí kabina s podvozkem po kolejnicích, které jsou na rozdíl od klasických kolejí nahrazeny hutními polotovary obdélníkového tvaru. Důvodem pro toto nahrazení je především odlehčení celé dráhy. Dalším důvodem je cena, hutní polotovary jsou na našem trhu běžnější a dostupnější.

V této konstrukční variantě by správnou polohu výtahu na dráze zajišťovala kolečka s nákolkem. Právě nákolky by zajišťovaly polohu výtahu v horizontálním směru, tedy vykolejení. Zajištění polohy výtahu ve vertikálním směru by u této varianty nebyla samotným provedením dráhy možná. Kolečka se pohybují po otevřené dráze způsobující větší náchylnost pojezdových ploch k znečištění vlivem povětrnostních podmínek.

Výhody:

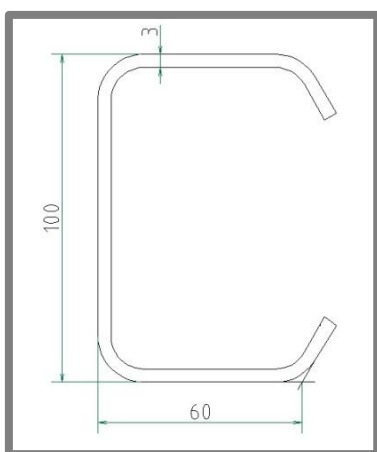
- levné díky normalizovanému profilu

Nevýhody:

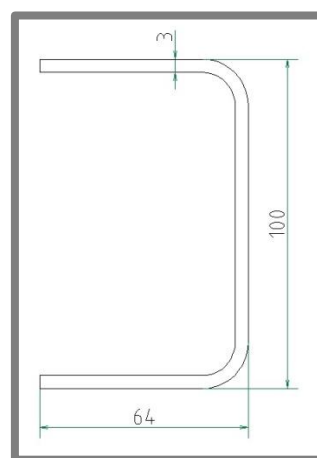
- přesnost kladená na rozteč profilů
- neposkytuje zajištění polohy ve vertikálním směru
- náchylné na znečištění jezdových ploch

Ohnutý profil A

Ve druhé variantě není dráha tvořena profily normalizovaného hutního polotovaru, ale jsou to profily ohnuté podle velikosti koleček a navrhovaných vůlí. Základ tvoří plechy, které jsou ohnuté na daný profil. Levá strana dráhy je ohnuta do částečně uzavřeného U-profilu (Obr. 9) a pravá strana do otevřeného U-profilu (Obr. 10). Tímto způsobem uložení je dosaženo fixování polohy jak ve vodorovném, tak ve vertikálním směru v levé částečně uzavřené dráze. V pravém otevřeném U-profilu s většími vůlemi se eliminují případné nerovnosti dráhy.



Obr. 9 Tvar částečně uzavřeného U-profilu



Obr. 10 Tvar otevřeného U-profilu

Výhody:

- odlehčení konstrukce
- fixování polohy ve všech směrech
- větší tuhost způsobená tvářením za studena
- možnost navrhnutí rozměrů profilu dle potřeb konstruktéra

Nevýhody:

- dražší než hutní polotovary

Ohnutý profil B

Třetí varianta profilů pro pohyb výtahu je zjednodušenou verzí předchozí varianty. Spočívá v nahrazení částečně uzavřeného U-profilu (Obr. 9) otevřeným U-profilem (Obr. 10). Obě kolejnice tedy tvoří otevřený U-profil. Tato varianta obsahuje všechny výhody předchozího návrhu, zajišťuje polohu ve vodorovném i vertikálním směru, ale neumožňuje úplnou fixaci, kterou zajišťuje částečně uzavřený U-profil. Ani jedna strana není přesně vedena v dané kolejnici, což způsobuje mírné odchylky ve vodorovné poloze výtahu.

Výhody:

- odlehčení konstrukce
- větší tuhost profilu způsobená tvářením za studena

Nevýhody:

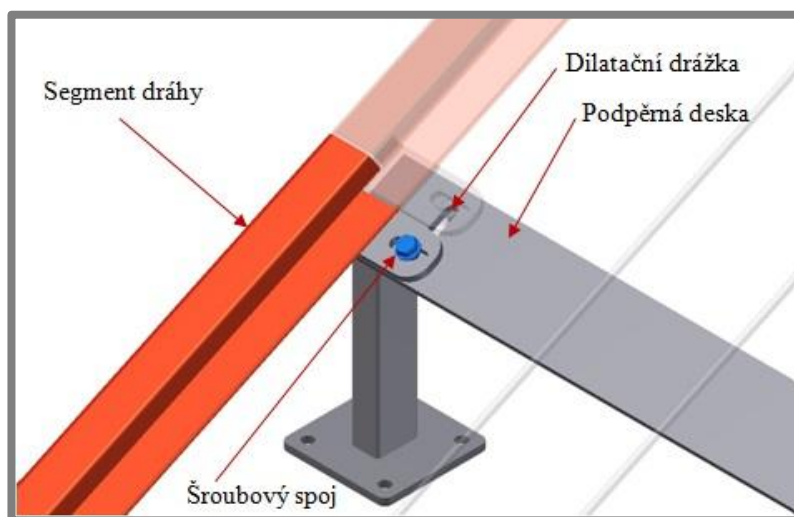
- vodorovná fixace není přesná
- dražší než hutní polotovary

3.1.2 Dilatační spára

Jelikož je dráha dlouhá 40 m, nemůže být svařena či jinak spojena napevno, protože by došlo vlivem tepelné roztažnosti k poškození. Dráha proto musí obsahovat prvky, které zabrání jejímu poškození vlivem změny teploty.

Drážka s možností posunu ve směru roztažnosti

Tato varianta je konstruovaná na mechanické připojení profilu dráhy k podporám, které obsahují drážku (Obr. 11), šroubovými spoji, které by se v průběhu teplotních skoků povolily a následně utáhly, kde by se vyrovnala délka kolejnic. V průběhu částí roku, kdy nejsou teplotní výkyvy natolik velké, aby možné poškození nastalo, je dráha k podporám připevněna napevno.



Obr. 11 Drážka v podpěrné desce pro možnost dilatace

Výhody:

- jednoduché řešení
- dráha je pevně uchycena – nehrozí posun

Nevýhody:

- pravidelné seřízení dvakrát ročně

Třecí uložení

Druhá varianta jak vyřešit tepelnou roztažnost je uchycení dráhy pomocí upínek. Tato varianta je řešení, které se používá u vlakových kolejí, které jsou takto uchyceny k pražcům. Kolejnice se mohou průběžně roztahovat a smršťovat. Ale zároveň nemůže být dráha pevně přichycena k podporám, tudíž může při dlouhodobém zatěžování dojít k jejímu posunu mimo provozní pozici.

Výhody:

- automatický posun

Nevýhody:

- složitější řešení
- možnost vychýlení segmentu profilu z dráhy

3.1.3 Uchycení lana

3.1.3

Uchycení lana je velmi důležité, protože oko na laně, které bude připevněno na rám dráhy, ponese samotný výtah a jeho zatížení. Oko je navrženo tak, aby po přivaření na konstrukci byly délky svarů co nejdelší a tím bylo co nejmenší smykové napětí ve svarech.

Varianta A

Ve variantě A je úchyt (Obr. 12) jako svařenec dvou dílů. Skládá se z úchyty pro lano a z desky, kterou je připevněn k dráze. Je přivařen přes celou výšku dráhy a z toho vyplývá, že celková plocha účinného průřezu svarů je dostatečná.

Výhody:

- velká plocha účinného průřezu

Nevýhody:

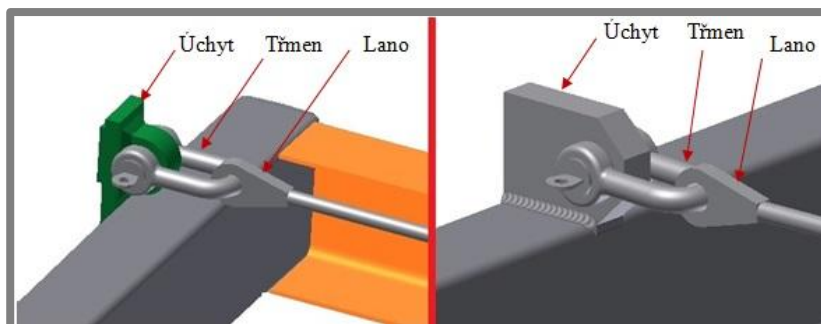
- složitější konstrukce úchyty

Varianta B

Uchycení lana ve variantě B je realizováno dle Obr. 12. Hlavní výhoda této varianty je v jednoduchém navaření úchyty k dráze a zároveň ve využití celkové délky svarů a tím účinného průřezu.

Výhody:

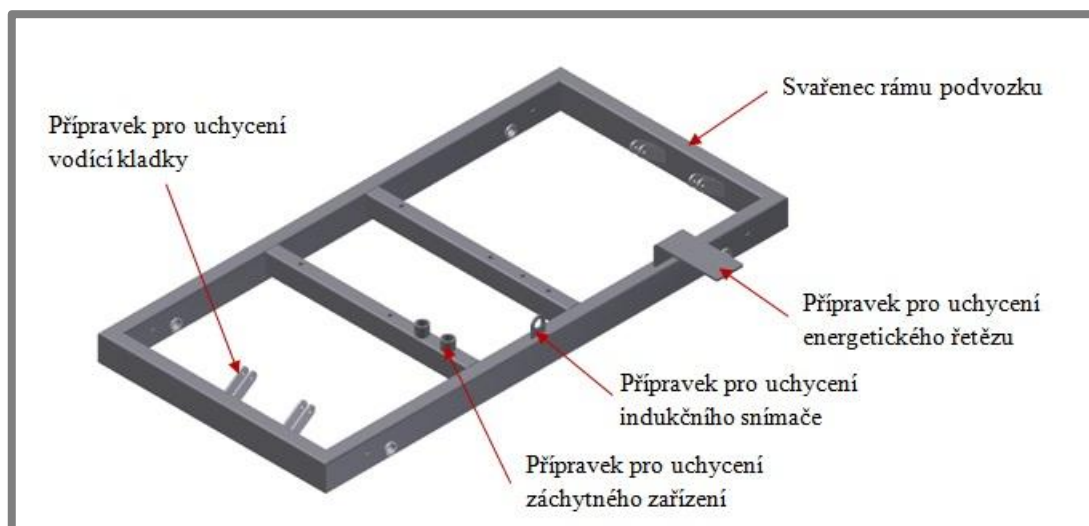
- jednoduché svaření
- dostatečná délka svarů



Obr. 12 Varianty uchycení lana. Varianta A – vlevo, Varianta B - vpravo

3.2 Pohon

Pohon výtahu je zajištěn vhodným navijákem a dalším příslušenstvím, které jsou umístěny na rámu podvozku. Hlavní rám podvozku, na kterém jsou umístěny další komponenty zajišťující funkčnost podvozku (popsány níže), je svařen z hutních polotovarů. Pro připevnění těchto komponent je nutné na rám přivařit přípravky umožňující jejich připojení, viz Obr. 13.



Obr. 13 Svařenec rámu podvozku

3.2.1 Výběr vhodného typu navijáku

Na českém trhu jsou dva hlavní zástupci pohonu výtahů, a to bubnový naviják a průběžný lanový naviják.

Bubnový naviják

Bubnový naviják (Obr. 5) je umístěn v nejvyšším bodě konstrukce výtahu a v průběhu pohybu výtahu navíjí lano na buben. Navíjením na buben vzniká problém v horizontálním pohybu lana, které musí být soustavou kladek za navijákem srovnáno. Lano je upevněno k výtahu. Bubnový naviják neobsahuje bezpečnostní prvky pro převážení osob, ty by musely být dodělaný externě mimo pohon.

Výhody:

- naviják je umístěný mimo výtah, proto nezabírá místo

Nevýhody:

- horizontální pohyb lana
- lano se může při navíjení zkřížit
- neobsahuje bezpečnostní prvky

Průběžný lanový naviják YaleMtrac

Tento druh navijáku (Obr. 6) je připevněn ke kabině výtahu a lano je fixováno ke konstrukci dráhy. Naviják koná pohyb s výtahem a lano prochází navijákem. Tento pohon je konstruován přímo na přepravu osob, tudíž obsahuje potřebné bezpečnostní prvky, váhu nebo bezpečnostní brzdu. Součástí dodávky navijáku je záchytné zařízení (Obr. 7).

Výhody:

- lano se nijak nepohybuje
- lano se nikde nehromadí
- obsahuje v sobě váhu a bezpečnostní brzdu
- součástí dodávky jsou všechny potřebné prvky pro přepravu osob

Nevýhody.

- zabírá místo na výtahu

3.2.2 Přívod elektrické energie

3.2.2

Přívod elektrické energie k pohybujícímu se výtahu je možný více způsoby. Zde jsou uvedeni dva zástupci. První možností je tzv. hromadění kabelu na jednom místě realizovatelné pomocí navíjecích bubnů, které zajišťují stálou tuhost a tím konstantní sílu odtahu kabelu. Další možností je rozptřeni kabelu po délce dráhy výtahu v ochranném pouzdře, které se může pomocí článků ohýbat a tím se pohybovat s výtahem. Tuto možnost zajišťují především energetické řetězy.

Varianta pružinového navíjecího bubnu

Přívod elektrické energie k motoru výtahu a ostatním prvkům výtahu je realizován pomocí pružinového bubnu (Obr. 14). Buben je uložen dvojité v kuličkových ložiscích vybavených stálou tukovou náplní. Kroužkový sběrač se nachází v prostoru odděleném od pružin. Ty jsou uloženy v ochranné kazetě a proto je lze vyměnit bez nebezpečí úrazu. Navíjecí průměry bubnů se pohybují od 150 mm do 500 mm. Navíjená délka je do 70 m a navíjecí rychlost do 63 m/min. [12]

Pružinový buben má velkou výhodu, že se kabel navíjí a tím nezabírá místo přímo na výtahu. Je tedy umístěn mimo jeho pohyb. I když výrobce uvádí stálou tuhost pružiny, dá se předpokládat, že tato záruka nebude splněna. Dále umístění ve vyměnitelné kazetě nezaručuje 100 % spolehlivost pružiny, spíše se dá předpokládat vysoká poruchovost. Velká nevýhoda je také v použití pouze jednoho kabelu.



Obr. 14 Pružinový buben ITECO [12]

Výhody:

- nahromaděný kabel je možné umístit mimo konstrukci výtahu

Nevýhody:

- možnost použití pouze pro jeden kabel
- poruchovost pružiny

Varianta energetického řetězu

Tato varianta je řešená pomocí Energetického řetězu (Obr. 15), který slouží k vedení kabelů bez jejich poškození. Používají se buď samonosné řetězy pro kratší vzdálenosti, nebo kluzné řetězy pro delší vzdálenosti dopravování kabelů. Lze je použít pro více přírodních kabelů. Umístění energetického řetězu je přímo u pohybujících se částí a umožňuje pomocí velkého výběru druhu ukončení snadnou montáž.

Výhody:

- ochrana kabelů proti mechanickému poškození
- možnost použití až do 100 m délky
- variabilní ukončovací prvky pro snadnou montáž

Nevýhody:

- energetický řetěz se pohybuje s výtahem



Obr. 15 Energetický řetěz [14]

3.2.3 Uchycení koleček

3.2.3

Umístění zespod podvozku

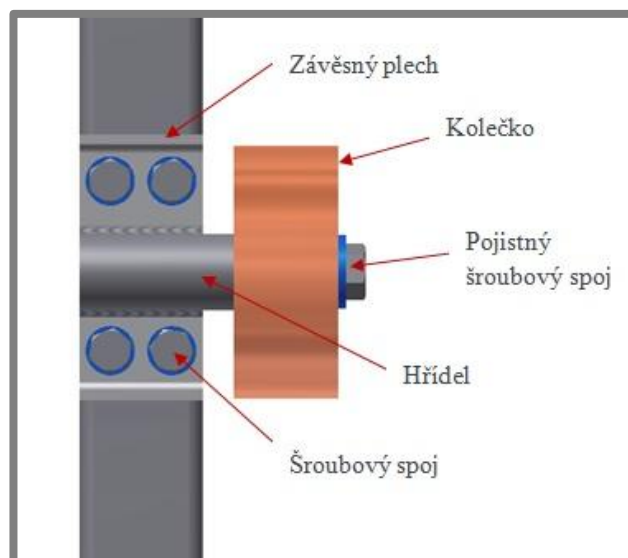
Hřídel, na níž bude nalisováno kolečko, se svaří s plechem, který bude zespodu přišroubován k rámu podvozku, viz Obr. 16. Vzhledem k uchycení by veškerou zátěž nesl svar. Pro zajištění polohy kolečka ve vodorovném směru by na hřídeli bylo osazení, které by zajišťovalo opření ložiska kolečka. Tím vznikne na hřídeli vrub, s nímž se musí při zatížení počítat. Na druhé straně je pro zajištění polohy umístěn pojistný šroub s podložkou. Jednoduché zajištění šroubem a podložkou přináší však nevýhodu, výška hlavy šroubu s podložkou je v poměru s vnitřním zaoblením větší. Mohlo by tedy dojít ke tření mezi hlavou šroubu a vnitřní stranou dráhy.

Výhody:

- jednoduché uložení

Nevýhody:

- zatížení nese svar
- nebezpečí tření mezi hlavou šroubu a dráhou
- osazení na hřídeli



Obr. 16 Pohled zdola na uchycení kolečka

Pomocí vložky (Obr. 17)

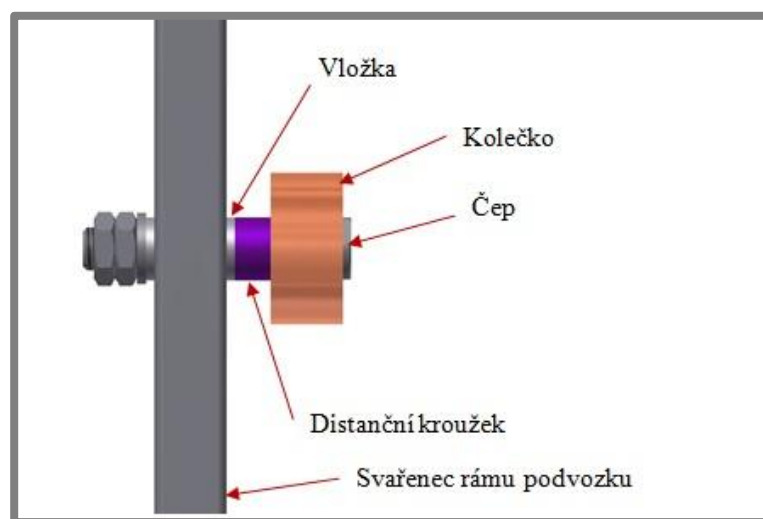
Hlavní princip této varianty je navaření vložky (trubky) do hutního polotovaru, který tvoří rám podvozku. Do vložky je zasunut čep, na němž bude nalisováno kolečko. Správnou polohu zajišťuje na jedné straně distanční kroužek a na straně druhé hlava čepu. Ten je na opačném konci opatřen závitem a pomocí matky utažen k rámu podvozku. Nevzniká zde vrub a není tu svar, tudíž hlavní namáhání je způsobeno pouze ohybem.

Výhody:

- menší výška hlavy čepu
- absence svarů
- namáhání prostým ohybem

Nevýhody:

- složitější varianta



Obr. 17 Pohled zdola na uchycení kolečka s vložkou

4 OPTIMÁLNÍ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

4

Výsledné konstrukční řešení bylo vybráno dle variant konstrukčních variant, viz kapitola 3.

4.1 Dráha

4.1

Dle kapitoly 3 byla vybrána nejvhodnější konstrukční varianta dráhy.

4.1.1 Výběr varianty

4.1.1

Je vybrána varianta s ohýbanými profily pro úplnou fixaci polohy výtahu i za cenu vyšších nákladů. Ohnuté profily jsou zhotoveny z plechu mat. S235JR, tloušťky 4 mm a délky 2500 mm.

4.1.2 Profily dráhy

4.1.2

Levá kolejnice (Obr. 9) je ohnutá do částečně uzavřeného U-profilu, který má funkci úplné fixace trajektorie pohybu výtahu. Ohyby profilů jsou zhotoveny se zaoblením R8 mm, které v případě vychýlení z dráhy vrátí výtah do správné polohy a nedojde tak k přičinění výtahu a poškození hlavy čepu kolečka, resp. poškození vnitřní strany profilu dráhy.

Pravá kolejnice (Obr. 10) je ohnuta do otevřeného U-profilu. Na této straně dráhy se eliminují nerovnosti dráhy v průběhu její 40 m délky, proto má vůli mezi hlavou čepu kolečka a vnitřní stěnou větší než na straně částečně uzavřeného U-profilu.

4.1.3 Dilatační spára

4.1.3

Jako optimální řešení dilatační spáry je vybrána varianta drážky (Obr. 11), která je provedena v opěrné desce umístěné na nosnících, s možností posunu ve směru dilatace. Hlavní výhodou této varianty je, že zachytává roztažnost a zároveň je dráha pevně přichycena k opěrným nosníkům dráhy. Teplotní roztažnost se eliminuje povolením šroubových spojů při značných teplotních výkyvech. Mezi jednotlivými segmenty je ponechána dilatační spára dle rovnice (1). Jako výchozí průměrnou teplotu uvažujeme 20°C. Od této teploty uvažujeme, že se teplota kolejnic zvýší, popř. sníží o 50°C. Tedy provozní teplota dráhy se pohybuje od -30°C do 70°C.

$$\Delta l = \alpha_T \cdot \Delta T \cdot L = 1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1} \cdot 50 K \cdot 2500 mm = 1,5 mm \quad (1)$$

Dilatační spára je zvolena mezi segmenty: $s = 2mm$

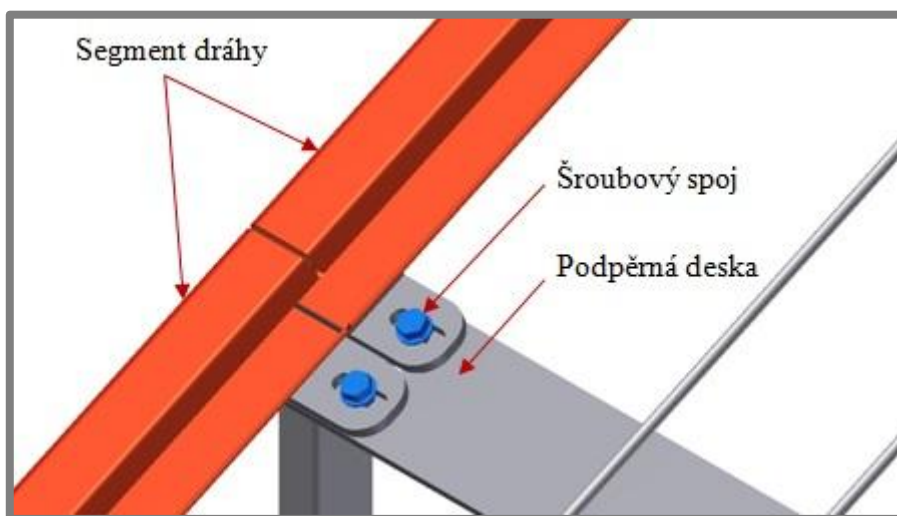
kde:

Δl	[mm]	je prodloužení vlivem tepelné roztažnosti
α_T	[K ⁻¹]	- součinitel tepelné roztažnosti oceli
ΔT	[K]	- rozdíl teplot
L	[mm]	- délka jednoho profilu

4.1.4 Uchycení dráhy

Uchycení dráhy je zajištěno pomocí uchycovacích přílozek navařených na profil dráhy. Příložky jsou opatřeny drážkou ve vodorovném směru, která umožňuje možnost vodorovně nastavit přesnou pozici segmentů dráhy. Tato drážka především zachycuje nepřesnosti v kotvicích pilířích. Dráha je k podpěrné desce připojena šroubovým spojem (Obr. 18). Velikost možné nepřesnosti je závislá především na umístění betonových pilířů, na kterých jsou připevněny nosníky s deskou pro ustavení dráhy.

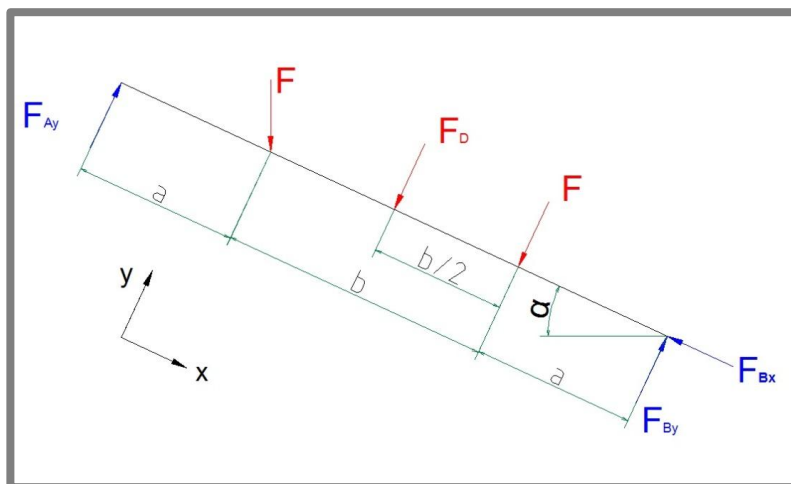
Nosníky s deskou jsou vždy umístěny na místech, kde se spojují dva segmenty profilů. Pro případné mezi-nosníky se rozhoduje při výpočtech namáhání dráhy a jejího průhybu (viz níže).



Obr. 18 Způsob přichycení segmentů dráhy ke kotvicí desce

4.1.5 Výpočet segmentu dráhy

Segment dráhy je kontrolován na ohyb a maximální dovolený průhyb. Schéma zatížení, kdy je plně naložený výtah uprostřed segmentu dráhy, je na Obr. 19. Výpočet je proveden pro otevřený U-profil, který má menší modul průřezu v ohybu (Obr. 21) a tím bude mít menší odolnost vůči namáhání než částečně uzavřený U-profil.



Obr. 19 Schéma zatížení segmentu dráhy

Určení reakcí:

$$a = 683,25 \text{ mm}, b = 1133,5 \text{ mm}, F = 1375 \text{ N}, F_D = 0 \text{ N}, m = 700 \text{ kg}, \alpha = 25^\circ$$

$$F = \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha}{4} = \frac{700 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot \cos 25^\circ}{4} = 1556 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0: -F + F_{Ay} - F \cdot \cos \alpha + F_{By} - F_D = 0$$

$$\sum F_y = 0: F_{Bx} - F \cdot \sin \alpha = 0$$

$$\sum M_A = 0: F \cdot \cos \alpha \cdot a + F \cdot (a + b) - F_{By} \cdot (2a + b) + F_D \cdot (a + \frac{b}{2}) = 0$$

$$F_{By} = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot a + F \cdot (a + b)}{2a + b} =$$

$$= \frac{1556 \text{ N} \cdot \cos 25^\circ \cdot 683,25 \text{ mm} + 1556 \text{ N} \cdot (683,25 \text{ mm} + 1133,5 \text{ mm})}{2 \cdot 683,25 \text{ mm} + 1133,5 \text{ mm}} = 1516,2 \text{ N}$$

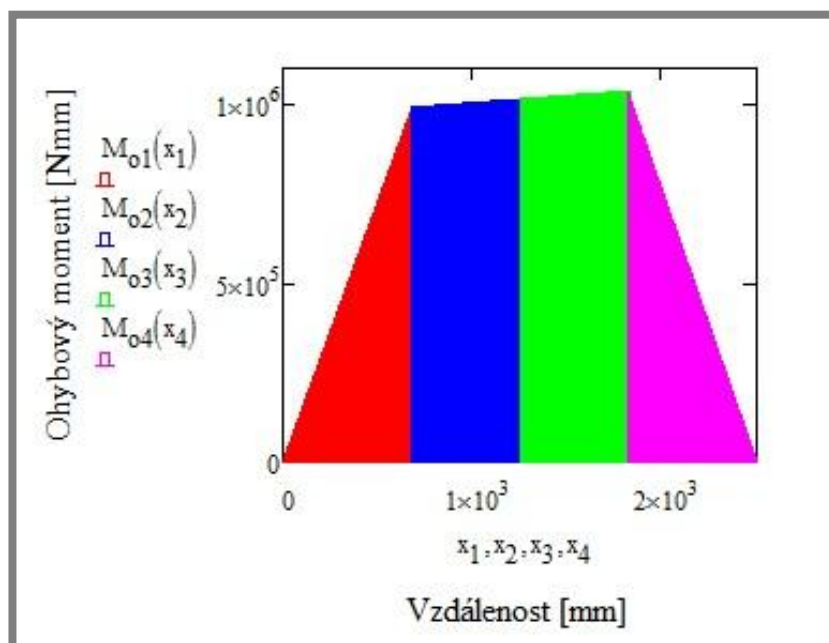
$$F_{Bx} = F \cdot \sin \alpha = 1556 \text{ N} \cdot \sin 25^\circ = 657,6 \text{ N}$$

$$F_{Ay} = -F_{By} + F + F \cdot \cos \alpha = -1516,2 \text{ N} + 1556 \text{ N} + 1556 \text{ N} \cdot \cos 25^\circ = 1450 \text{ N}$$

kde:

a	[mm]	je vzdálenosti působících sil
b	[mm]	- vzdálenost působících sil
g	[mm]	- gravitační zrychlení
m	[mm]	- hmotnost výtahu
F_x	[N]	- síly působící ve směru osy x
F_y	[N]	- síly působící ve směru osy y
F	[N]	- síla od zatížení výtahem
F_D	[N]	- doplňková síla
F_{Ay}	[N]	- reakce ve směru osy y
F_{By}	[N]	- reakce ve směru osy y
F_{Bx}	[N]	- reakce ve směru osy x
α	[°]	- úhel sklonu dráhy

Průběh ohybového momentu (Obr. 20)



Obr. 20 Průběh ohybového momentu na segmentu dráhy

Určení ohybového napětí:

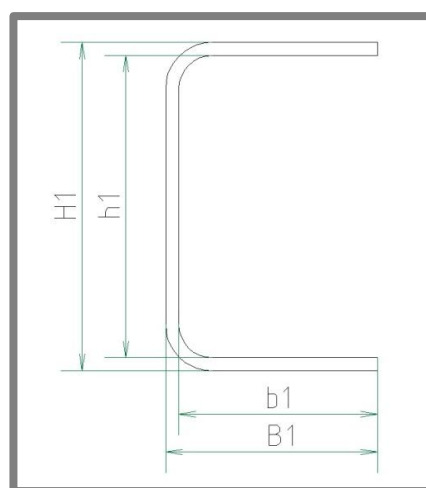
Materiál S235JR:

$$R_e = 235 \text{ MPa}, E = 210 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

$$H_1 = 100 \text{ mm}, B_1 = 64 \text{ mm}, h_1 = 92 \text{ mm},$$

$$b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$M_{omax1} = F_{By} \cdot a = 1516,2 \text{ N} \cdot 683,25 \text{ mm} = 1035943,7 \text{ Nmm}$$



Obr. 21 Profil dráhy pro výpočet W_o

$$W_o = \frac{B_1 \cdot H_1^3 - b_1 \cdot h_1^3}{6H} = \frac{64 \text{ mm} \cdot (100 \text{ mm})^3 - 61 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^3}{6 \cdot 100 \text{ mm}} = 23335,9 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{o1} = \frac{M_{omax1}}{W_o} = \frac{1035943,7 \text{ Nmm}}{23335,9 \text{ mm}^3} = 44,4 \text{ MPa}$$

Určení bezpečnosti:

$$k_{k1} = \frac{Re}{\sigma_{o1}} = \frac{235 \text{ MPa}}{44,4 \text{ MPa}} = 5,3$$

kde:

Re	[MPa]	je napětí na mezi kluzu
E	[MPa]	- Youngův modul pružnosti v tahu oceli
H_l	[mm]	- výška profilu
B_l	[mm]	- šířka profilu
h_l	[mm]	- světlá výška profilu
b_l	[mm]	- světlá šířka profilu
M_{omax1}	[Nmm]	- maximální ohybový moment
W_o	[mm ³]	- modul průřezu v ohybu
σ_{o1}	[MPa]	- napětí v ohybu
k_{k1}	[-]	- bezpečnost k meznímu stavu pružnosti dráhy v ohybu

Určení maximálního průhybu:

Výpočet je proveden přes Castiglianovu větu (2) teorií průhybu pod silou. Největší průhyb je uprostřed nosníku, proto je zavedena doplňková síla, podle které se derivují ohybové momenty a jejíž velikost je 0N. Pro bezpečnou jízdu je zvolen maximální průhyb $u_{Dmax} = 2 \text{ mm}$. Výpočet celkového průhybu je proveden v programu MathCad. Protože celkové vyjádření integrálů a integrace je složité a dlouhé, je zde uveden pouze základní vztah, členy pro dosazení do integrálů a výsledek.

$$u_D = \frac{\partial W}{\partial F_D} = \int_{\psi} \frac{M_{oi}}{E \cdot J_y} \cdot \frac{\partial M_{oi}}{\partial F_D} \cdot d_{xi} \quad (2)$$

$$F_{By} = \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot a + F_D \cdot \left(a + \frac{b}{2}\right) + F \cdot (a + b)}{2a + b}$$

$$F_{Ay} = F + F \cdot \cos \alpha - \frac{F \cdot \cos \alpha \cdot a + F_D \cdot \left(a + \frac{b}{2}\right) + F \cdot (a + b)}{2a + b} - F_D$$

$$M_{o1} = F_{Ay} \cdot x_1, M_{o2} = F_{Ay} \cdot (a + x_2) - F \cdot \cos \alpha \cdot x_2, M_{o3} = F_{By} \cdot x_3,$$

$$M_{o4} = F_{By} \cdot (a + x_4) - F \cdot x_4$$

$$J_y = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12} = \frac{64 \text{ mm} \cdot (100 \text{ mm})^3 - 61 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^3}{12} = 1,11 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\frac{\partial M_{o1}}{\partial F_D} = \left(1 - \frac{a + \frac{b}{2}}{2a + b}\right) \cdot x_1$$

$$\frac{\partial M_{o3}}{\partial F_D} = \left(\frac{a + \frac{b}{2}}{2a + b}\right) \cdot x_3$$

$$\frac{\partial M_{o2}}{\partial F_D} = \left(1 - \frac{a + \frac{b}{2}}{2a + b}\right) \cdot (a + x_2)$$

$$\frac{\partial M_{o4}}{\partial F_D} = \left(\frac{a + \frac{b}{2}}{2a + b}\right) \cdot (a + x_4)$$

$$u_D = \int_0^a \frac{M_{o1}}{E \cdot J_y} \cdot \frac{\partial M_{o1}}{\partial F_D} \cdot d_{x1} + \int_0^{\frac{b}{2}} \frac{M_{o2}}{E \cdot J_y} \cdot \frac{\partial M_{o2}}{\partial F_D} \cdot d_{x2} + \int_0^a \frac{M_{o3}}{E \cdot J_y} \cdot \frac{\partial M_{o3}}{\partial F_D} \cdot d_{x3} + \\ + \int_0^{b/2} \frac{M_{o4}}{E \cdot J_y} \cdot \frac{\partial M_{o4}}{\partial F_D} \cdot d_{x4} = 0,038 \text{ mm}$$

Bezpečnost proti průhybu dráhy

$$k_p = \frac{u_{Dmax}}{u_D} = \frac{2 \text{ mm}}{0,038 \text{ mm}} = 52$$

kde:

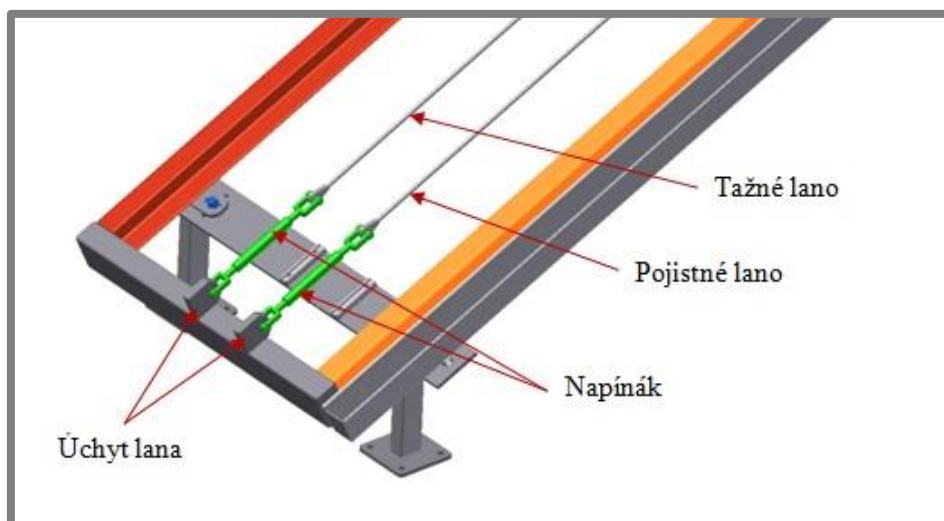
u_D	[mm]	je posun pod silou F_D
W	[J]	- energie napjatosti
M_o	[Nm]	- ohybový moment
J_y	[mm ⁴]	- kvadratický moment průřezu v ohybu
k_p	[-]	- bezpečnost k meznímu stavu průhybu dráhy

Průhyb segmentu dráhy uprostřed při plném zatížení výtahu je mnohem menší než zvolený maximální průhyb, tudíž mezi segmenty není vložen přidavný nosník.

4.1.6 Uchycení lana

Pro uchycení lana je vybrána varianta B. Je to jeden z nejdůležitějších spojů, proto musí být délka svarů co největší a tím i velký účinný průřez svaru. Tomuto požadavku varianta B vyhovuje. Využívá veškerou délku plochy, na níž je úchyt navařen. Do výpočtu svaru je zahrnuta jak síla od tíhy, tak setrvačná síla v případě překročení maximální dovolené rychlosti, kde je použit zachycovač pro zastavení výtahu.

Uchycení lana ve spodní části je realizováno stejným způsobem navaření úchyty jako v horní části dráhy. Pro možnost regulace napnutí lana je mezi úchytem a lanem lanový napínák, viz Obr. 22.



Obr. 22 Umístění lanového napínáku

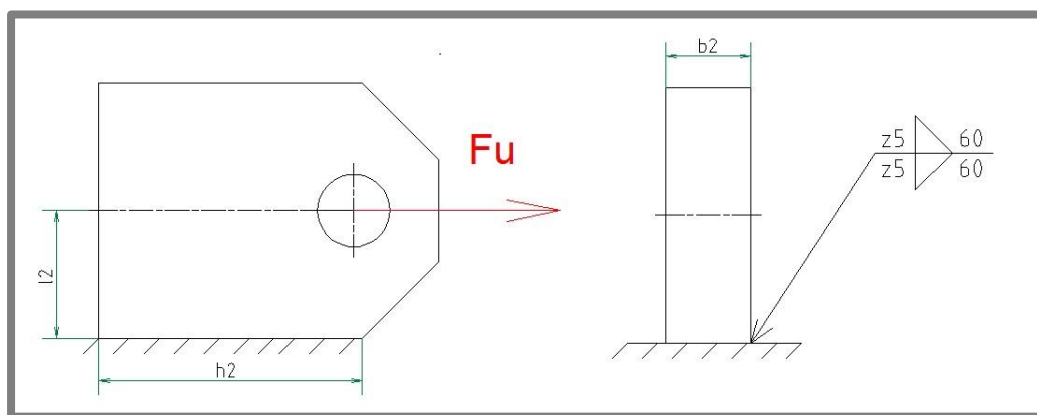
Výpočet úchyty lana

Výpočet úchyty lana zahrnuje kontrolu svarového spoje dle [1], jímž je připevněn ke konstrukci dráhy. Dále je kontrolován samotný úchyt na ohyb od síly v laně.

Výpočet svaru

Namáhání svaru ohybem. (Obr. 23)

$$h_2 = 60 \text{ mm}, b_2 = 20 \text{ mm}, z_2 = 5 \text{ mm}, l_2 = 30 \text{ mm}, a_{setrv} = 0,3 \text{ ms}^{-2}$$



Obr. 23 Schéma svarového spoje pro výpočet

Materiál úchyty S235JR: $R_{e22} = 235 \text{ MPa}$

$$F_{stat} = m \cdot g \cdot \sin \alpha = 700 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot \sin 25^\circ = 2902,1 \text{ N}$$

$$F_{setrv} = m \cdot a_{setrv} = 700 \text{ kg} \cdot 0,3 \text{ ms}^{-2} = 210 \text{ N}$$

$$F_u = F_{stat} + F_{setrv} = 2902,1 \text{ N} + 210 \text{ N} = 3112,1 \text{ N}$$

$$S_2 = 1,414 \cdot z_2 \cdot h_2 = 1,414 \cdot 5\text{mm} \cdot 60\text{mm} = 424,2 \text{ mm}^2$$

$$J_{zu2} = \frac{h_2^3}{6} = \frac{(60\text{mm})^3}{6} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$J_{z1} = 0,707 \cdot z_2 \cdot J_{zu2} = 0,707 \cdot 5\text{mm} \cdot 3,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^3 = 1,2726 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$$

$$\tau'_2 = \frac{F_u}{S_2} = \frac{3112,1\text{N}}{424,2\text{mm}^2} = 7,4 \text{ MPa}$$

$$r_2 = \frac{h_2}{2} = \frac{60\text{mm}}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$\tau''_2 = \frac{F_u \cdot l_2}{\frac{J_{z2}}{r_2}} = \frac{3112,1\text{N} \cdot 30\text{mm}}{\frac{1,2726 \cdot 10^5 \text{ mm}^4}{30\text{mm}}} = 22 \text{ MPa}$$

$$\tau_2 = \sqrt{\tau'^2_2 + \tau''^2_2} = \sqrt{(7,4\text{MPa})^2 + (22\text{MPa})^2} = 23,2 \text{ MPa}$$

Elektroda: E 46 2 B 4 2 H10 podle ČSN EN ISO 2560

$$R_{e2} = 460 \text{ MPa}$$

$$R_{es2} = 0,577 \cdot R_{e2} = 0,577 \cdot 460\text{MPa} = 265,42 \text{ MPa}$$

$$k_{ks2} = \frac{R_{es2}}{\tau_2} = \frac{265,42\text{MPa}}{23,2\text{MPa}} = \mathbf{11,4}$$

kde:

F_u	[N]	je síla působící na úchyt
F_{stat}	[N]	- statická síla
F_{setrv}	[N]	- setrvačná síla
a_{setrv}	[ms ⁻²]	- setrvačné zrychlení výtahu při rozjezdu a zastavování
g	[ms ⁻²]	- gravitační zrychlení
z_2	[mm]	- výška svaru
S_2	[mm ²]	- plocha účinného průřezu
J_{zu2}	[mm ³]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z2}	[mm ⁴]	- celkový osový kvadratický moment účinného průřezu
r_2	[mm]	- vzdálenost od těžiště plochy účinného průřezu ke svaru
τ'_2	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
l_2	[mm]	- rameno síly úchyty
h_2	[mm]	- délka úchyty
b_2	[mm]	- šířka úchyty
τ''_2	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
τ_2	[MPa]	- celkové smykové napětí ve svaru úchyty
R_{es2}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku
k_{ks2}	[-]	- součinitel bezpečnosti

Bezpečnost svarového spoje vyhovuje. V této bezpečnosti je zahrnuta nejen statická síla od tíhy výtahu a nákladu, ale i setrvačná síla při nouzovém zastavení výtahu.

Výpočet maximálního normálového napětí v úchytu od ohybu

$$\sigma_2 = \frac{F_u \cdot l_2}{\frac{b \cdot h_2^2}{6}} = \frac{3112,1N \cdot 30mm}{\frac{20mm \cdot (60mm)^2}{6}} = 7,8 MPa$$

$$k_{k2} = \frac{R_{e22}}{\sigma_2} = \frac{235 MPa}{7,8 MPa} = 30$$

kde:

σ_2	[MPa]	je normálové napětí v úchytu od ohybu
R_{e22}	[MPa]	- mez kluzu materiálu úchytu
k_{k2}	[-]	- součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu úchytu

Součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu materiálu úchytu a k meznímu stavu smykového namáhání svaru je dostatečně vysoký i při nouzovém zabrzdění výtahu.

4.2 Pohon

K rámu podvozku jsou připevněny níže uvedené prvky, jež zajišťují správný pohyb výtahu po dráze.

4.2.1 Lanový naviják

Výběr průběžného lanového navijáku YaleMtrac (Obr. 6). Varianta průběžného lanového navijáku je vybrána především pro jeho integrované ochranné prvky (váha, brzda motoru), které jsou u bubnových navijáků řešeny externě. Řešení uchycení navijáku a bezpečnostního zařízení YOSL je na Obr. 30. Naviják je umístěn pod kabinou výtahu a podvozkem, čímž je maximálně využit prostor, stejně jako v případě bubnového navijáku, průběžný lanový naviják nezabírá místo mimo dráhu výtahu a není nutné stavět další betonové pilíře pro uchycení navijáku. Vybraný průběžný lanový naviják YaleMtrac 8-18-P8 pro dopravu osob má parametry dle Tab. 1.

Tab. 1 Parametry průběžného lanového navijáku [11]

Typ	Tažná síla [kg]	Rychlost zdvihu [m/min]	Průměr lana [mm]	Výkon motoru [kW]
YMT 8-18-P8	800	18	8,4	3,6

Pro bezpečnost při přepravě osob dle DIN EN 1808 potřebuje každý naviják pro transport bezpečnostní systém na nezávislém bezpečnostním laně. Zde je použito záchytné zařízení proti překročení rychlosti YOSL (Obr. 7). Toto záchytné zařízení působí automaticky, jakmile dojde k překročení rychlosti 30 m/min (0,5 m/s). Zabudovaný mechanismus svěrací čelisti z tvrzené oceli zastaví pohyb dolů systému během několika málo centimetrů. [11]

Pro správný průchod lana navijákem jsou na rámu podvozku umístěny vodící kladky (Obr. 30), které kompenzují prověšení lana a jeho případné vybočení. Připojení vodících kladek k rámu podvozku je provedeno pomocí přípravků, viz Obr. 13.

4.2

4.2.1

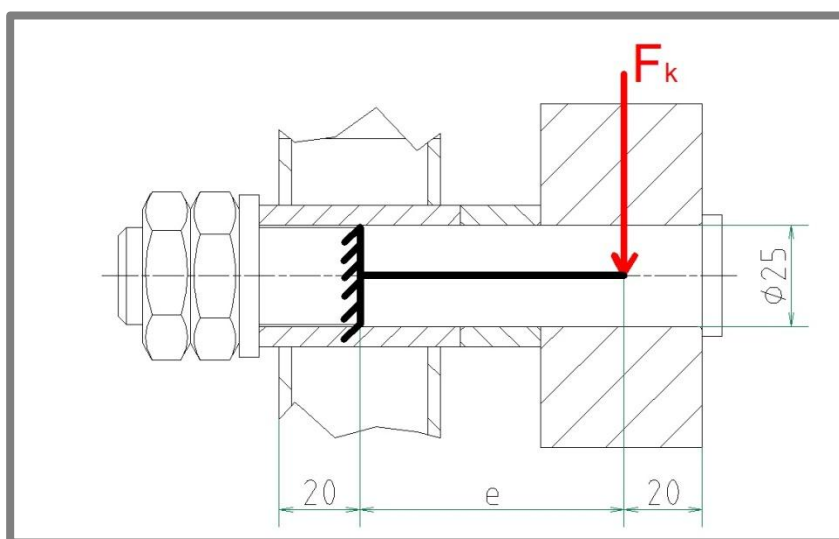
4.2.2 Uchycení koleček

Výběr varianty s vložkou (Obr. 17). Hlavní výhodou je použití distančního kroužku, díky němuž nevznikne vrub, který by způsobil maximální ohybové napětí. Montáž či případná výměna je u této varianty jednodušší a levnější než u varianty druhé.

Při montáži se vymezení vzdálenost distančním kroužkem mezi kolečkem a rámem podvozku. Čep nasunut do pouzdra a následně utažen tam, kde je hlava čepu opatřena dvěma rovnoběžnými plochami, které zabraňují protáčení čepu při utahování.

Výpočet čepu kolečka

Čep kolečka je kontrolován na ohyb. Vzhledem k výběru optimální konstrukční varianty je na čepu pouze nominální ohybové napětí. Schéma pro výpočet čepu je na Obr. 24.



Obr. 24 Schéma uložení čepu pro výpočet

Materiál čepu 12 060: $R_{e3} = 345 \text{ MPa}$

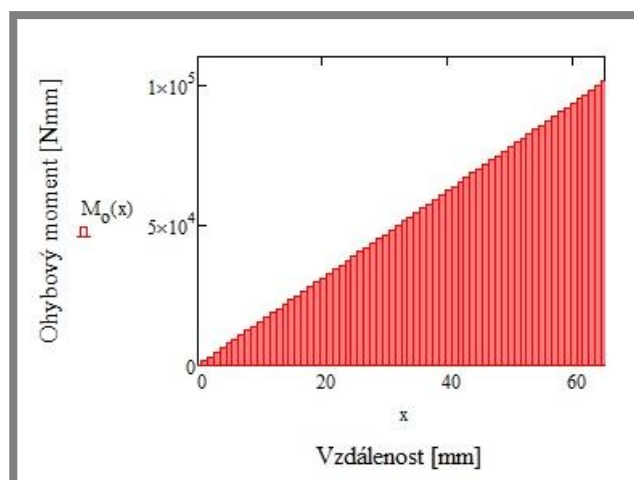
$d = 25 \text{ mm}$, $e = 65 \text{ mm}$,

$$F_k = \frac{m}{4} \cdot g \cdot \cos \alpha = \frac{700 \text{ kg}}{4} \cdot 9,81 \text{ ms}^{-2} \cdot \cos 25^\circ = 1556 \text{ N}$$

$$J_{y3} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot (25 \text{ mm})^4}{64} = 19174,8 \text{ mm}^4$$

$$z_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{25 \text{ mm}}{2} = 12,5 \text{ mm}$$

Průběh ohybového momentu na čepu (Obr. 25)



Obr. 25 Průběh ohybového momentu na čepu

$$M_{omax} = F_k \cdot e = 1556 \text{ N} \cdot 65 \text{ mm} = 101140 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{J_{y3}} \cdot z_{max} = \frac{101140 \text{ Nmm}}{19174,8 \text{ mm}^4} \cdot 12,5 \text{ mm} = 65,9 \text{ MPa}$$

$$k_{k3} = \frac{R_e}{\sigma_o} = \frac{345 \text{ MPa}}{65,9 \text{ MPa}} = 5,2$$

kde:

d	[mm]	je průměr čepu
e	[mm]	- rameno ohybového momentu
F_k	[N]	- síla působící na čep kolečka
J_{y3}	[mm ⁴]	- kvadratický moment průřezu v ohybu
k_{k3}	[-]	- bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti čepu

Z výsledku vyplývá, že bezpečnost je dostatečná. Díky optimální konstrukci uchycení koleček nevznikají další faktory pro zvětšující se napětí a tím snižující se bezpečnost.

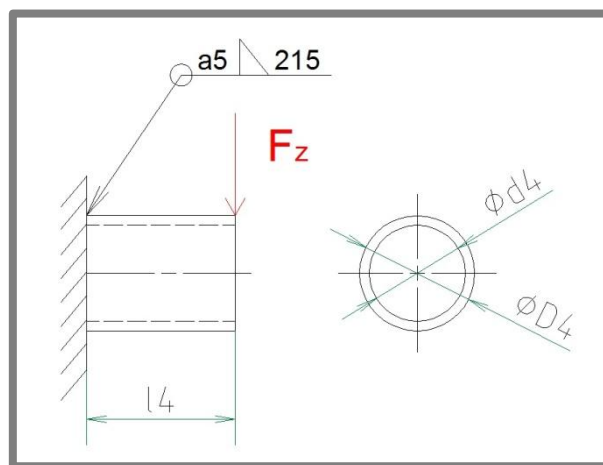
4.2.3 Výpočet uchycení bezpečnostního zařízení

4.2.3

Záchytné zařízení YOSL je umístěno na konstrukci podvozku. Uchyceno je na dvou šroubech, tudíž se síla působící na jedno uchycení rovná jedné polovině celkové síly. Záchytné zařízení je přišroubováno přes vymezující trubky k podvozku. Kontrola je provedena pro svarový spoj dle [1], kterým je trubka (přípravek) připevněna k rámu podvozku, viz Obr. 13.

Výpočet svaru

Namáhání svaru ohybem. (Obr. 26)



Obr. 26 Schéma svarového spoje pro výpočet

$$D_4 = 34,2 \text{ mm}, d_4 = 27,7 \text{ mm}, z_4 = 5 \text{ mm}, l_4 = 28 \text{ mm}$$

Materiál úchytu zachycovače S235JR: $R_{e4} = 235 \text{ MPa}$

$$F_z = \frac{F_{stat} + F_{setrv}}{2} = \frac{2902,1 \text{ N} + 210 \text{ N}}{2} = 1556,1 \text{ N}$$

$$r_4 = \frac{D_4}{2} = \frac{34,2 \text{ mm}}{2} = 17,1 \text{ mm}$$

$$S_4 = 1,414 \cdot \pi \cdot z_4 \cdot r_4 = 1,414 \cdot \pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot 17,1 \text{ mm} = 379,8 \text{ mm}^2$$

$$J_{zu4} = \pi \cdot r_4^3 = \pi \cdot (17,1 \text{ mm})^3 = 15708,63 \text{ mm}^3$$

$$J_{z4} = 0,707 \cdot z_4 \cdot J_{zu4} = 0,707 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 15708,63 \text{ mm}^3 = 5,553 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\tau'_4 = \frac{F_z}{S_4} = \frac{1556,1 \text{ N}}{379,8 \text{ mm}^2} = 4,1 \text{ MPa}$$

$$\tau''_4 = \frac{F_z \cdot l_4}{\frac{J_{z4}}{r_4}} = \frac{1556,1 \text{ N} \cdot 28 \text{ mm}}{\frac{5,553 \cdot 10^4 \text{ mm}^4}{17,1 \text{ mm}}} = 13,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_4 = \sqrt{\tau_4'^2 + \tau_4''^2} = \sqrt{(4,1 \text{ MPa})^2 + (13,4 \text{ MPa})^2} = 14 \text{ MPa}$$

Elektroda: E 46 2 B 4 2 H10 podle ČSN EN ISO 2560

$$R_{e4} = 460 \text{ MPa}$$

$$R_{es4} = 0,577 \cdot R_{e4} = 0,577 \cdot 460 = 265,42 \text{ MPa}$$

$$k_{ks4} = \frac{R_{es4}}{\tau_4} = \frac{265,42 MPa}{14 MPa} = 19$$

kde:

F_z	[N]	je síla působící na úchyt zachycovače
z_4	[mm]	- výška svaru
S_4	[mm ²]	- plocha účinného průřezu
J_{zu4}	[mm ³]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z4}	[mm ⁴]	- celkový osový kvadratický moment účinného průřezu
r_4	[mm]	- vzdálenost od těžiště plochy účinného průřezu ke svaru
l_4	[mm]	- délka trubky
D_4	[mm]	- velký průměr trubky
d_4	[mm]	- malý průměr trubky
τ'_4	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
τ''_4	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
τ_4	[MPa]	- celkové smykové napětí
R_{es4}	[MPa]	- napětí na mezi kluzu ve smyku
k_{ks4}	[-]	- součinitel bezpečnosti

Bezpečnost ve svaru je dostatečně vysoká a splňuje v případě nouzového zachycení výtahu dostatečné zabezpečení.

Výpočet maximálního normálového napětí v úchytu zachycovače od ohybu

$$\sigma_4 = \frac{F_z \cdot l_4}{\frac{\pi \cdot (D_4^4 - d_4^4)}{32 \cdot D_4}} = \frac{1556,1 N \cdot 28 mm}{\frac{\pi \cdot ((34,2 mm)^4 - (27,7 mm)^4)}{32 \cdot 34,2 mm}} = 19,5 MPa$$

$$k_{k4} = \frac{R_{e4}}{\sigma_4} = \frac{235 MPa}{19,5 MPa} = 12$$

kde:

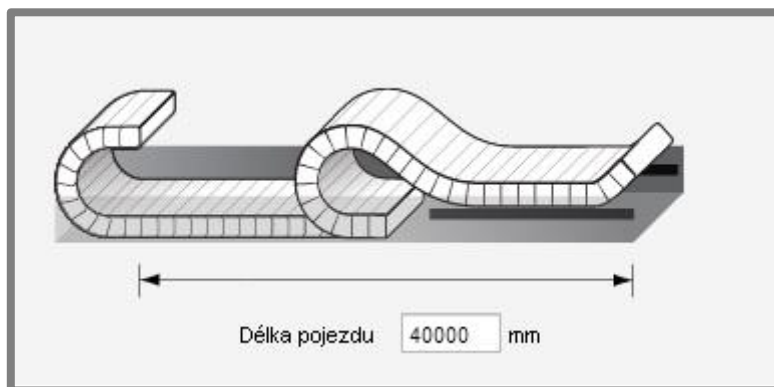
σ_4	[MPa]	je normálové napětí v úchytu od ohybu
R_{e4}	[MPa]	- mez kluzu úchytu
k_{k4}	[-]	- součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu materiálu úchytu zachycovače

Součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu materiálu úchytu zachycovače je dostatečně vysoký i při nouzovém zabrzdění výtahu.

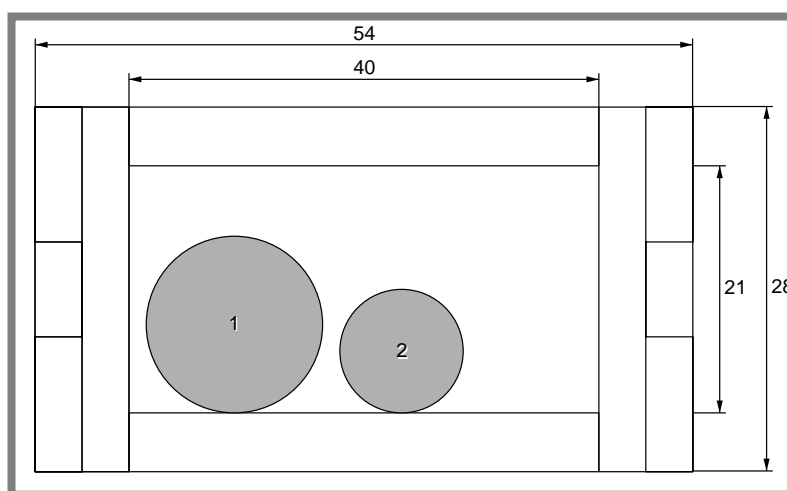
4.2.4 Přívod elektrické energie

Výběr varianty energetického řetězu. Hlavní výhodou energetického řetězu je, že se přebytečný kabel nikde nehromadí. Dopravní vzdálenost šikmého výtahu od spodního nástupiště do horního je 40 m, proto je zvolen kluzný energetický řetěz. Způsob ukládání kabelů u kluzného řešení řetězu je na Obr. 27. Výhodou je také možnost použití dvou kabelů. Jeden kabel je určen pro napájení průběžného lanového navijáku a kabel druhý pro napájení ovládacích prvků (přivolávací zařízení, aj.). Umístění kabelů uvnitř energetického řetězu E4.21.040.75.0 a jeho rozměry jsou na Obr. 28.

Umístění v konstrukci výtahu je řešeno prodloužením upínací desky pro segmenty dráhy, na kterou se umístí žlab, v němž se energetický řetěz pohybuje. Přípravek pro uchycení konce energetického řetězu je znázorněn na Obr. 13.



Obr. 27 Způsob ukládání řetězu při kluzném provedení [15]



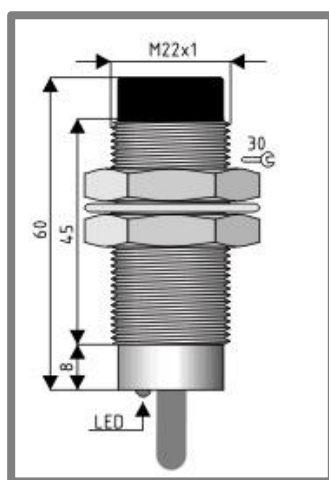
Obr. 28 Rozložení kabelů uvnitř energetického řetězu E4.21.040.75.0 [15]
1-Kabel pro napájení navijáku, 2-Ovládací kabel

4.2.5 Snímač polohy

Pro správné zastavení výtahu ve stanici je použit indukční snímač polohy KS95 C022-O-60-NPN-L3 (Obr. 29). Princip indukčních snímačů spočívá v převodu polohy na změnu vlastní indukčnosti. Tento princip činnosti je založen na Faradayově zákoně pro indukované napětí. Výhodou je, že pracují bezdotykově, na rozdíl od mechanických snímačů polohy, jsou odolné vůči nepříznivým vlivům provozního prostředí. [16]

Po téměř celé délce vybraného indukčního snímače je zhotoven závit pro snadnou montáž a možnost nastavení vzdálenosti snímače od snímaných prvků. Tento snímač pracuje spolehlivě do vzdálenosti 1cm.

Snímač je připevněn k rámu podvozku pomocí přípravku. Pozice snímače je znázorněna na Obr. 30.



Obr. 29 Indukční snímač [16]

4.3 Kalkulace

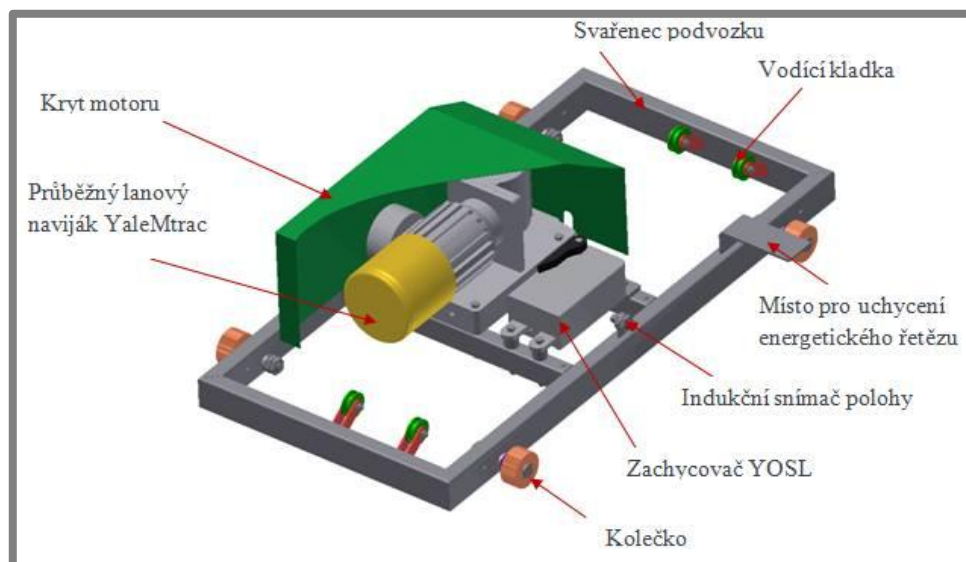
Tato kapitola je věnována cenové kalkulaci nakupovaného materiálu a nakupovaných součástí. Nejvýraznější položkou je průběžný lanový naviják YaleMtrac a jeho příslušenství. Dále je zde zahrnut nákup hutních polotovarů k sestavení rámu podvozku, nákup ohýbaných profilů dráhy a dalších komponentů. Ceny položek v kalkulaci jsou odhadovány.

Tab. 2 Kalkulace

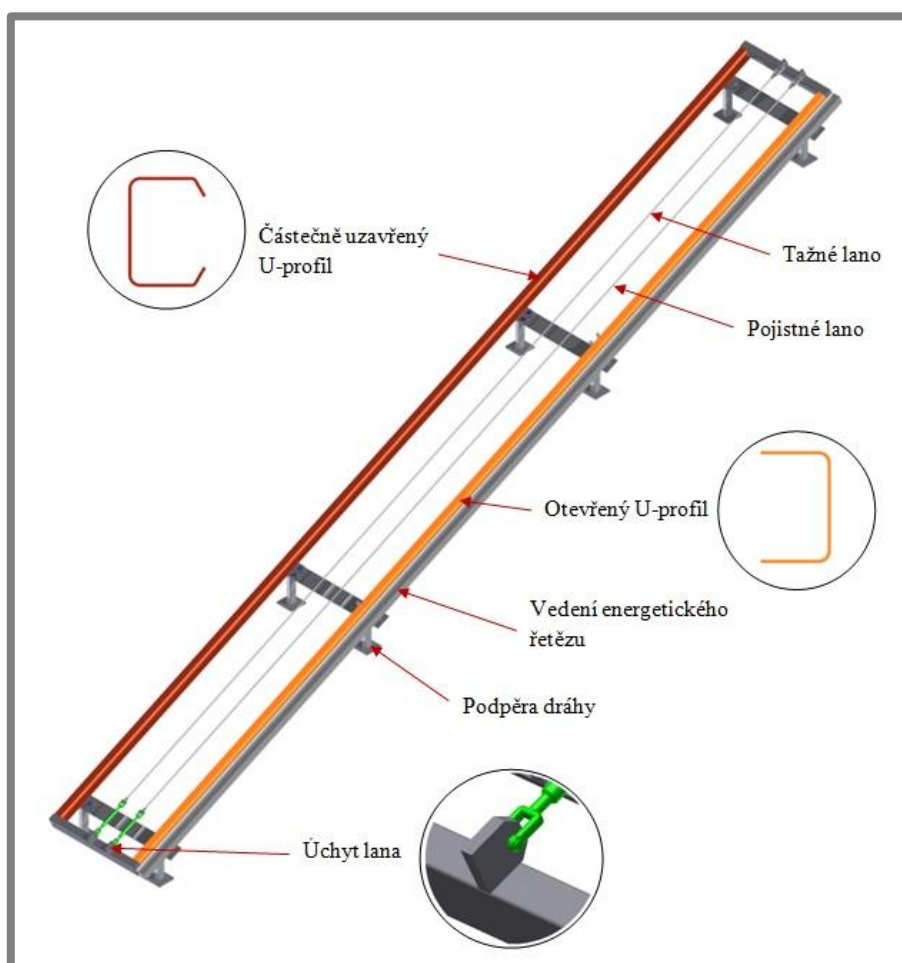
Položka	Množství [ks]	Cena [Kč]
Průběžný lanový naviják YMT 8-18-P8	1	170 000
Záchytné zařízení YOSL	1	29 000
Lano 40m	2	9 600
Energetický řetěz E4.21.040.63.0	1	25 000
Ohýbané profily na dráhu	-	15 000
Hutní polotovary	-	6500
Indukční snímač polohy KS95 C022-O-60-NPN-L3	1	2 000
Kolečko R 85x40-30	4	1 100
Spojovací materiál	-	1 000
Celkem	-	260 000

4.4 Celkový pohled na konstrukční řešení podvozku a dráhy

Výsledné konstrukční varianty (podvozku a dráhy) jsou s popisem znázorněny na Obr. 30. a Obr. 31.

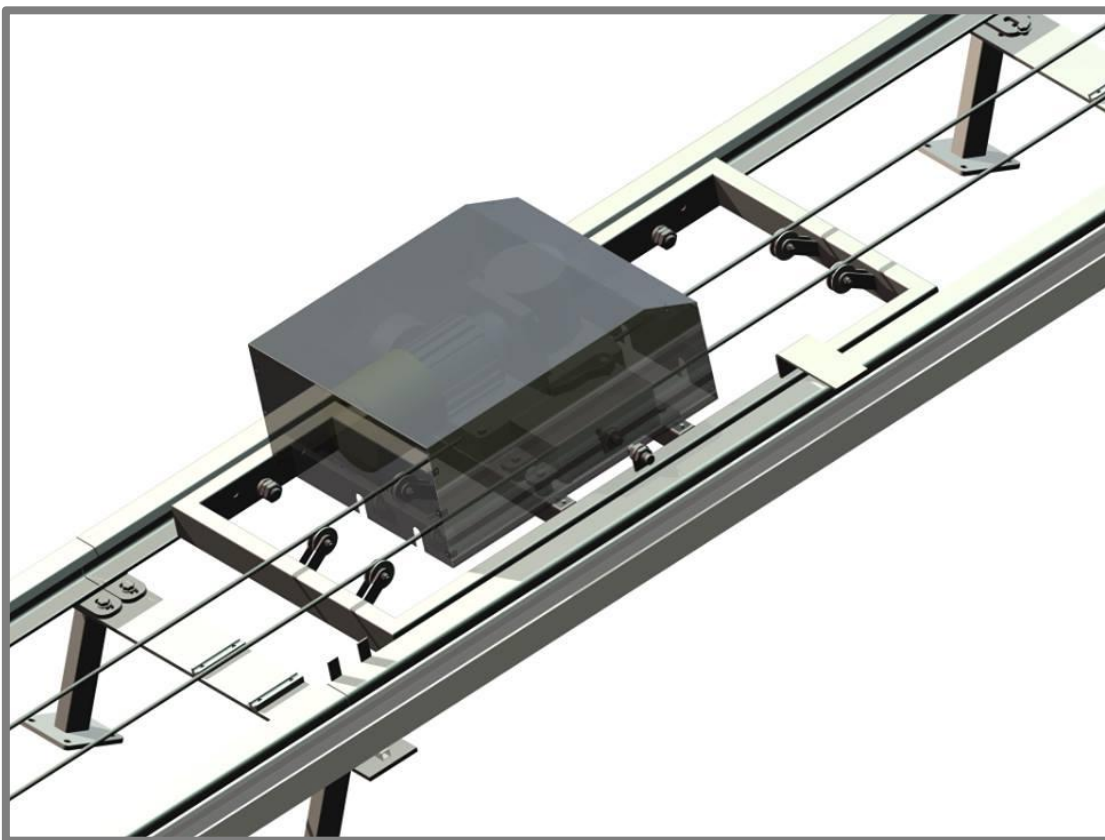


Obr. 30 Celkový pohled na sestavu podvozku



Obr. 31 Celkový pohled na sestavu dráhy

Sestava vzniklá spojením výsledných konstrukčních řešení, viz Obr. 32, je připojena ke kabině výtahu, která ovšem není součástí této práce.



Obr. 32 Výsledné konstrukční řešení dráhy s podvozkem

5 DISKUSE

Při navrhování osobního šikmého výtahu vznikaly a byly vybrány různé konstrukční varianty, které jsou v této práci popsány. Vybráno bylo nejvhodnější konstrukční řešení s ohledem na bezpečnost, požadavky zadání a na cenu. Při tvorbě této bakalářské práce se podoba vybrané konstrukční varianty několikrát měnila a byla upravována. Dále byl brán zřetel na co nejjednodušší výrobu a montáž. Při konstrukci se počítalo také s tím, aby se jednotlivé prvky, které jsou ke konstrukci připevněny, mohli vyměnit jednoduše bez jakéhokoliv razantního zásahu do konstrukce. V průběhu navrhování výtahu ve svahu vznikala postupně vylepšení, která budou při dalším vývoji dále zdokonalována. Při výběru konstrukční varianty byly provedeny výpočty únosnosti jednotlivých součástí a následné korigování rozměrů pro dostatečnou bezpečnost pro přepravu osob. Především je vypočítán průhyb dráhy při maximálním zatížení výtahu, kdy jeho pozice se nachází uprostřed segmentu. Tento průhyb vyšel v rámci bezpečnosti v průhybu dostatečný, což je způsobeno zejména profilem dráhy, který zajišťuje dostatečnou tuhost konstrukce. Dále jsou zkontrolovány především svary na uchycovacím oku lana hlavního i bezpečnostního. Byla zde započítána jak tíha celého výtahu, tak i setrvačná síla při rozjezdu či brzdění výtahu. Zkontrolovány jsou také čepy koleček na ohyb, kde se počítá s kvazi-statickým namáháním, tudíž by v průběhu zatěžování nemělo dojít k únavě.

6 ZÁVĚR

V této práci byla navržena konstrukce šikmého výtahu ve svahu, konkrétně jeho pohon a zabezpečení. Z mnoha variant konstrukčních řešení jednotlivých částí výtahu byly vybrány varianty, které splňovali zejména tuhost a bezpečnost vzhledem ke skutečnosti, že výtah bude využíván nejen k přepravě nákladů, ale i osob. Konstrukční návrh se odvíjel i od samotných požadavků zákazníka. Zohledněna byla také dostupnost jednotlivých dílů na trhu spojená se snahou o co největší využití normalizovaných součástí z důvodu rychlého dodání a ceny. Vzhledem k těmto aspektům byl navržen základní rám podvozku výtahu, který je svařen převážně z normalizovaných hutních polotovarů, popř. upravených hutních polotovarů. Dále zde bylo řešeno uchycení a připevnění různých prvků na svařenec podvozku. Díly jsou navrženy pro další umístění podvozku do dráhy výtahu. Dráha výtahu byla nejproblematictější část návrhu. Uvažovalo se nad mnoha variantami tvaru profilu dráhy, který by byl z hlediska fixace, bezpečnosti a ceny nejvýhodnější. Je vybrána varianta s částečně uzavřeným profilem na jedné straně a s otevřeným profilem na straně druhé. Kdy částečně uzavřený profil zajišťuje přesnou polohu výtahu. Profily dráhy jsou přišroubovány k opěrným deskám po 2,5 m, kde se stýkají dva profily. Hlavním problémem pro dráhu je její dilatace, která byla vyřešena pomocí drážky v opěrné desce. Nerovnosti, které vzniknou při výstavbě betonových pilířů, zachycují vodorovné drážky v uchycení navařeného k profilu dráhy.

Počáteční zadání bakalářské práce bylo splněno. Vzhledem k tomu, že je konstrukční návrh zatím pouze ve virtuální podobě, vhodnost použití konstrukční varianty se zhodnotí až po výrobě a především při montáži a následném používání výtahu v provozu.

Největší potenciál v rozvoji výtahů ve svahu vidím především ve vylepšení konstrukčního provedení dilatace dráhy. Vyřešením tohoto problému by docházelo k automatickému přizpůsobení dráhy při změně teploty.

Jelikož je tato práce řešením jedné části celého výtahu, tak celý výtah mohl být navržen díky úzké spolupráci více členů týmu.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE, Richard G BUDYNAS a Miloš VLK. Konstruování strojních součástí. 1. vyd. V Brně: VUTUM, 2010, xxv, 1159 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [2] Česká republika. Nařízení vlády. In: 142. 2008.
- [3] ČSN EN 81-1+A3. *Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů: Část 1: Elektrické výtahy*. Praha, 2011.
- [4] Výtahy - současné normy a bezpečnostní předpisy Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2230-vytahy-soucasne-normy-a-bezpecnostni-predpisy>. *Tzb-info* [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2230-vytahy-soucasne-normy-a-bezpecnostni-predpisy>
- [5] *Triplex* [online]. 2007 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.triplex.cz/>
- [6] Rekonstrukce výtahů. *Nera Lift* [online]. 2011 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.nera-lift.cz/rekonstrukce-vytahu.html>
- [7] FEMA E-74 Example 6.4.10.1 Hydraulic Elevators. *FEMA*. [online]. 14.5.2013 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.fema.gov/earthquake/fema-e-74-reducing-risks-nonstructural-earthquake-damage-0>
- [8] Šikmé výtahy GEDA. *SVP Půjčovna* [online]. 2008 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.svp.cz/sikme-vytahy-geda.html>
- [9] Průběžný lanový naviják YaleMtrac - pro osoby. *Alto systems* [online]. 2010 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: http://www.altosystems.cz/208-prubezny-lanovy-navijak-yalemtrac_-_pro-osoby
- [10] Stroje výtahy. *MSV výtahy a.s.* [online]. 2005 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.msv-vytahy.cz/stroje-vytahy.php>
- [11] *Procházka MP* [online]. 2013 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.prochazka-mp.cz/>
- [12] Bubny a kroužkové sběrače: *Pružinové bubny. ITECO* [online]. 2012 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.iteco.cz/komponenty/bubny-a-krouzkove-sberace/>
- [13] Studium kolejových vozidel na Dopravní fakultě Jana Pernera. *Želpage* [online]. © 2001-2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/zpravy/7479>
- [14] Energetický řetěz 18BF02. *CNCshop* [online]. 2010 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.cncshop.cz/energeticky-retez-18bf02>
- [15] ENERGETICKÉ ŘETĚZY. *HENNLICH* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.hennlich.cz/produkty/energeticke-retezy-flexibilni-kabely-energeticke-retezy-51.html>
- [16] Indukční snímače. *Kotlín /senzory* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://kotlin.rtrk.cz/>

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A VELIČIN

8

a	[mm]	- vzdálenosti působících sil
a_{setrv}	[ms ⁻²]	- setrvačné zrychlení výtahu při rozjezdu a zastavování
b	[mm]	- vzdálenost působících sil
b_1	[mm]	- světlá šířka profilu
b_2	[mm]	- šířka úchytu
d	[mm]	- průměr čepu
d_4	[mm]	- malý průměr trubky
e	[mm]	- rameno ohybového momentu
g	[ms ⁻²]	- gravitační zrychlení
h_1	[mm]	- světlá výška profilu
h_2	[mm]	- délka úchytu
k_{k1}	[-]	- bezpečnost k meznímu stavu pružnosti dráhy v ohybu
k_{k2}	[-]	- součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu úchytu
k_{k3}	[-]	- bezpečnost vůči meznímu stavu pružnosti čepu
k_{k4}	[-]	- součinitel bezpečnosti vztažený k mezi kluzu materiál úchytu zachycovače
k_p	[-]	- bezpečnost k meznímu stavu průhybu dráhy
k_{ks2}	[-]	- součinitel bezpečnosti
k_{ks4}	[-]	- součinitel bezpečnosti
l_2	[mm]	- rameno síly úchytu
l_4	[mm]	- délka trubky
m	[mm]	- hmotnost výtahu
r_2	[mm]	- vzdálenost od těžiště plochy účinného průřezu ke svaru
r_4	[mm]	- vzdálenost od těžiště plochy účinného průřezu ke svaru
u_D	[mm]	- posun pod silou F_D
z_2	[mm]	- výška svaru
z_4	[mm]	- výška svaru
B_1	[mm]	- šířka profilu
D_4	[mm]	- velký průměr trubky
E	[MPa]	- Youngův modul pružnosti v tahu oceli
F	[N]	- síla od zatížení výtahem
F_{AY}	[N]	- reakce ve směru osy y
F_{BX}	[N]	- reakce ve směru osy x
F_{BY}	[N]	- reakce ve směru osy y
F_D	[N]	- doplňková síla
F_k	[N]	- síla působící na čep kolečka
F_{setrv}	[N]	- setrvačná síla
F_{stat}	[N]	- statická síla
F_u	[N]	- síla působící na úchyt
F_x	[N]	- síly působící ve směru osy x
F_y	[N]	- síly působící ve směru osy y
F_z	[N]	- síla působící na úchyt zachycovače
H_1	[mm]	- výška profilu
J_y	[mm ⁴]	- kvadratický moment průřezu v ohybu
J_{y3}	[mm ⁴]	- kvadratický moment průřezu v ohybu
J_{zu2}	[mm ³]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu

J_{zu4}	[mm ³]	- jednotkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z2}	[mm ⁴]	- celkový osový kvadratický moment účinného průřezu
J_{z4}	[mm ⁴]	- celkový osový kvadratický moment účinného průřezu
L	[mm]	- délka jednoho profilu
M_{omax1}	[Nmm]	- maximální ohybový moment
M_o	[Nm]	- ohybový moment
R_e	[MPa]	- napětí na mezi kluzu
R_{e22}	[MPa]	- mez kluzu materiálu úchytu
R_{e4}	[MPa]	- mez kluzu úchytu
R_{es2}	[MPa]	- mez kluzu ve smyku
R_{es4}	[MPa]	- napětí na mezi kluzu ve smyku
S_2	[mm ²]	- plocha účinného průřezu
S_4	[mm ²]	- plocha účinného průřezu
W	[J]	- energie napjatosti
W_o	[mm ³]	- modul průřezu v ohybu
α	[°]	- úhel sklonu dráhy
α_T	[K ⁻¹]	- součinitel tepelné roztažnosti oceli
σ_{o1}	[MPa]	- napětí v ohybu
σ_2	[MPa]	- normálové napětí v úchytu od ohybu
σ_4	[MPa]	- normálové napětí v úchytu od ohybu
τ_2	[MPa]	- celkové smykové napětí ve svaru úchytu
τ'_2	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
τ''_2	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
τ_4	[MPa]	- celkové smykové napětí
τ'_4	[MPa]	- smykové napětí související s posouvající silou
τ''_4	[MPa]	- smykové napětí související s ohybovým momentem
Δl	[mm]	- prodloužení vlivem tepelné roztažnosti
ΔT	[K]	- rozdíl teplot

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

9

Obr. 1 Řez šachtou trakčního výtahu [6]	13
Obr. 2 Hydraulický výtah [7]	14
Obr. 3 Schéma šikmého výtahu [8]	15
Obr. 4 Realizace pojezdu u kolejových vozidel [13]	16
Obr. 5 Bubnový lanový naviják [9]	17
Obr. 6 Průběžný lanový naviják [9]	17
Obr. 7 Záchytné zařízení YOSL [9]	17
Obr. 8 Základní pohled na dráhu výtahu	20
Obr. 9 Tvar částečně uzavřeného U-profilu	21
Obr. 10 Tvar otevřeného U-profilu	21
Obr. 11 Drážka v podpěrné desce pro možnost dilatace	22
Obr. 12 Varianty uchycení lana	23
Obr. 13 Svařenec rámu podvozku	24
Obr. 14 Pružinový buben ITECO [12]	25
Obr. 15 Energetický řetěz [14]	26
Obr. 16 Pohled zdola na uchycení kolečka	27
Obr. 17 Pohled zdola na uchycení kolečka s vložkou	28
Obr. 18 Způsob přichycení segmentů dráhy ke kotvící desce	30
Obr. 19 Schéma zatížení segmentu dráhy	30
Obr. 20 Průběh ohybového momentu na segmentu dráhy	32
Obr. 21 Profil dráhy pro výpočet W_o	32
Obr. 22 Umístění lanového napínačku	35
Obr. 23 Schéma svarového spoje pro výpočet	35
Obr. 24 Schéma uložení čepu pro výpočet	38
Obr. 25 Průběh ohybového momentu na čepu	39
Obr. 26 Schéma svarového spoje pro výpočet	40
Obr. 27 Způsob ukládání řetězu při kluzném provedení [15]	42
Obr. 28 Rozložení kabelů uvnitř energetického řetězu E4.21.040.75.0 [15]	42
Obr. 29 Indukční snímač [16]	43
Obr. 30 Celkový pohled na sestavu podvozku	44
Obr. 31 Celkový pohled na sestavu dráhy	44
Obr. 32 Výsledné konstrukční řešení dráhy s podvozkem	45

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Parametry průběžného lanového navijáku [11]	37
Tab. 2 Kalkulace	43

11 SEZNAM PŘÍLOH**11**

- 0 – 2014 – JL01 CELKOVÁ SESTAVA
- 1 – 2014 – J001 SESTAVA PODVOZKU
- 1 – 2014 – J002 SVAŘENEC PODVOZKU
- 1 – 2014 – J003 SESTAVA DRÁHY
- 2 – 2014 – J001 TĚLO KRYTU
- 2 – 2014 – J002 HORNÍ SVAŘENEC
- 2 – 2014 – J003 SPODNÍ SVAŘENEC
- 3 – 2014 – J001 UZAVŘENÝ PROFIL
- 3 – 2014 – J002 OTEVŘENÝ PROFIL
- 3 – 2014 – J003 80x40x3 – 1380
- 3 – 2014 – J004 SVAŘENEC KOTVY
- 3 – 2014 – J005 SESTAVA KRYTU
- 3 – 2014 – J007 SVAŘENEC UZ. PROFILU
- 3 – 2014 – J008 SVAŘENEC OT. PROFILU
- 4 – 2014 – J002 80x40x3 – 680
- 4 – 2014 – J003 60x40x3 – 600
- 4 – 2014 – J004 VLOŽKA
- 4 – 2014 – J005 DRŽÁK KLADKY
- 4 – 2014 – J006 ČEP
- 4 – 2014 – J007 DISTANČNÍ KROUŽEK
- 4 – 2014 – J008 KLADKA
- 4 – 2014 – J009 PODPĚRNÁ DESKA
- 4 – 2014 – J010 ÚCHYT DRÁHY
- 4 – 2014 – J011 ÚCHYT LANA
- 4 – 2014 – J012 SPOJ KRYTU
- 4 – 2014 – J013 VÍČKO
- 4 – 2014 – J014 DRŽÁK ŘETĚZU
- 4 – 2014 – J015 DRŽÁK SNÍMAČE
- 4 – 2014 – J016 KLUZNÝ PROFIL